Note 1-1

Plan Loire grandeur nature 2007- 2013

Diagnostic hydrologique

Réduction de la vulnérabilité aux inondations du bassin de l'Allier
Réalisation d'une étude 3 P

SOMMAIRE

1. ANALYSES HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES –OBJECTIF 1

2. ANALYSES HYDROLOGIQUES : GENESE DES CRUES DE L'ALLIER 2

2.1. LE CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE DU BASSIN VERSANT DE L'ALLIER 2
2.2. GEOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE DU BASSIN VERSANT DE L'ALLIER 9
2.3. GENESE DES CRUES DE L'ALLIER 16

3. ANALYSES STATISTIQUES DES CRUES DE L'ALLIER ET DE SES PRINCIPAUX AFFLUENTS- CHOIX DES DEBITS DE REFERENCE 19

3.1. CONNAISSANCE DES CRUES VARIABLES SUIVANT LES COURS D'EAU 19
3.2. CHOIX DES CRUES DE REFERENCE 22
3.3. HYDROGRAMMES DE CRUES ET NOTION DE VOLUME DEBORDANT 25
1.1.1 Hydrogammes de l'Allier et des principaux affluents 25
1.1.2 Hydrogammes pour les affluents secondaires 27
3.4. VITESSES DE PROPAGATION ET CONCOMITANCE DES CRUES DE L'ALLIER ET DE SES AFFLUENTS 28
3.4.1 Vitesse de propagation des crues de l'Allier 28
3.4.2 Concomitance des crues de l'Allier et de ses affluents 31
3.5. IMPACT DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE SUR LES CRUES 32
3.6. INFLUENCE DES GRANDS OUVRAGES SUR LES CRUES 34

4. ANALYSE HYDRAULIQUE- DIRECTIVE INONDATION 38

4.1. RAPPEL DE LA DIRECTIVE INONDATION 38
4.2. INTEGRATION DE LA DIRECTIVE INONDATION 39
4.3. BILAN ET PRINCIPES DE LA DIRECTIVE INONDATION ET DE L'ETUDE 3 P ALLIER 41
4.4. EMPRISES DES ZONES INONDABLES 42
4.5. DES METHODES D'ESTIMATION DES ZONES INONDABLES VARIABLES 47
1.1.3 L'étude des crues historiques 47
1.1.4 Les modélisations hydrauliques 47
1.1.5 L'approche hydrogéomorphologique 50
4.6. LA NECESSAIRE COMPLEMENTARITE DES 3 APPROCHES 52
4.7. LA MOBILISATION DES DONNEES EXISTANTES SUR LES CRUES HISTORIQUES 54

5. PRINCIPAUX BILANS DE L'ANALYSE HYDROLOGIQUE 58

5.1. SYNTHESE DE L'ANALYSE HYDROLOGIQUE 58
5.2. SYNTHESE DE L'ANALYSE HYDRAULIQUE 60
5.3. PRINCIPALES CONCLUSIONS ISSUES DU DIAGNOSTIC HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE 62

6. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE ET INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES 65

ANNEXES 66

ANNEXE 1 LISTE DES COMMUNES AVEC CARTOGRAPHIE REGLEMENTAIRE INONDATION. 67

ANNEXE 2 SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE –DIAGNOSTIC HYDROLOGIQUE 68

INDEX DES FIGURES

Fig. 1 : proportion des surfaces des grands ensembles géographiques 2
Fig. 2 : description générale du bassin versant hydrographique..... 3
Fig. 3 : carte d'influence climatique 6
Fig. 4 : carte des stations hydrométriques 8
Fig. 5 : carte de la géologie du bassin de l'Allier 10
Fig. 6 : exemple de l'Allier « Montagnard » : l'Allier à Jonchères..... 11
Fig. 7 : exemple de l'Allier « des Plaines » : l'Allier à Moulins 12
Fig. 8 : évolution diachronique du lit de l'Allier au niveau de l'agglomération de Vichy (SAGE Allier aval) 15
Fig. 9 : saisonnalité des crues de l'Allier 17
Fig. 10 : typologie des crues par zones géographiques et repères de crues 18
Fig. 11 : analyse statistique des crues 21
Fig. 12 : évolution du débit spécifique de l'Allier en fonction de la taille de son bassin versant entre Langogne et la confluence avec la Loire..... 23
Fig. 13 : reconstitution provisoire des limnigrammes de la crue de 1866 26
Fig. 14 : hydrogramme de crue centennal - PPRI Val d'Allier Nord 27
Fig. 15 : hydrogramme de crue de l'Artière au niveau de l'agglomération Clermontoise 28
Fig. 16 : temps de réponse et vitesse de propagation 30
Fig. 17 : crue du 25 septembre 1866 sur la Couze Pavin 32
Fig. 18 : l'Allier à Vieille Brioude - répartition du nombrede crues supérieures à 3m depuis 1846..... 33
Fig. 19 : photo du barrage de Vichy avec clapets abaissés..... 36
Fig. 20 : carte de situation des grands ouvrages hydrauliques et leurs caractéristiques 37
Fig. 21 : zones inodnables cartographiées..... 44
Fig. 22 : surface de zone inondable par département..... 45
Fig. 23 : écart entre les superficies de zone inondable évaluées respectivement par les différentes méthodes sur l'agglomération clermontoise..... 46
Fig. 24 : exemple de cartographie de zones inondables par modélisation hydraulique- axe Allier - Département de l'Allier 49
Fig. 25 : exemple de cartographie de zones inondables par la méthode hydrogéomorphologique sur l'agglomération de Riom..... 50
Fig. 26 : description de la méthode hydrogéomorphologique 51
Fig. 27 : l'Allier en crue à Vichy 55
Fig. 28 : exemple de fiche descriptive de laisse de crue..... 56
Fig. 29 : localisation des repères de crue..... 57
Fig. 30 : variabilité des connaissances hydrologiques selon les cours..... 59
Fig. 31 : variabilité de la précision des zones inondables en fonction du territoire*..... 61
Fig 32 : visualisation géographique directe des lacunes en termes de données hydrologiques et de précision cartographiques en fonction des enjeux..... 64

INDEX DES TABLEAUX

Tab. 1 : typologie des risque d'inondations 13
Tab. 2 : évolution du débit spécifique de l'Allier en fonction de la taille de son bassin versant entre Langogne et la confluence avec la Loire 22
Tab. 3 : estimation des débits sur l'agglomération clermontoise 24
Tab. 4 : liste des stations limnimétriques sur le bassin de l'Allier 25
Tab 5 : mise en évidence du décalage entre les pointes des crues de l'Allier et de ses affluents 31
Tab. 6 : principales caractéristiques des 6 principaux ouvrages hydrauliques présents sur le bassin de l'Allier 34
Tab. 7 : écart entre les superficies de zone inondable évaluées respectivement par les différentes méthodes sur l'agglomération clermontoise 46
Tab 8 : confrontation des différents type d'approche pour la définition des zones inondables sur le bassin de l'Allier 52
Tab. 9 : liste des couches d'information géographique 65

1. ANALYSES HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES – OBJECTIF

Afin de prendre en considération tous les paramètres influençant la gestion du risque inondation, le diagnostic de l'étude 3P de l'ALLIER est constitué de 5 notes thématiques :

- Note 1-1 : diagnostic hydrologique,
- Note 1-2 : diagnostic dispositif de prévision,
- Note 1-3 : diagnostic réglementaire,
- Note 1-4 : diagnostic socio-économique,
- Note 1-5 : diagnostic environnementale,

On distingue 3 sous phases dans le diagnostic hydrologique :

- L'analyse hydrologique qui permet de mieux connaitre la réponse du bassin versant en termes de débit et de volume.
- L'analyse hydraulique qui permet de mieux comprendre les phénomènes d'inondation des vallées.
- La prévision des crues qui est actuellement en cours sur le bassin versant.

Le diagnostic hydrologique permet :

- de préciser la genèse des crues de l'Allier et de ses principaux affluents à travers les données historiques et les observations météorologiques,
- de rappeler l'impact de l'occupation des sols et des aménagements existants sur les débits et les fréquences de débordement,

Le diagnostic hydraulique permet :

- une appréciation de l'aléa inondation à travers les cartes des zones inondables et les données physiques caractérisant les débordements,
- de décrire les différentes méthodes utilisées pour apprécier l'aléa inondation et de préciser les limites et les incertitudes pour chaque méthode,
- de rappeler l'impact des aménagements structurants (grands barrages, digues, drainages zones humides, …) sur les inondations de l'Allier et de ses affluents,

Les diagnostics hydrologiques et hydrauliques sont présentés dans la présente note.

Le diagnostic de prévision des crues permet :

- de décrire le dispositif actuel d'annonce de crues sur les cours d'eau du bassin versant de l'Allier.

Ce diagnostic de prévision fait l'objet d'une note spécifique.

2. ANALYSES HYDROLOGIQUES : GENESE DES CRUES DE L'ALLIER

2.1. Le contexte géographique et climatique du bassin versant de l'Allier

La superficie totale du bassin versant est de 14 000 km².

La superficie des 3 principaux affluents est :

- Alagnon: S=1 033 km² (7.5 % bassin versant total) - Linéaire =86 km
- Dore: S=1 716 km² (12.5 % bassin versant total) - Linéaire =140 km
- Sioule: S=2 565 km² (18.5 % bassin versant total) - Linéaire =163 km

La longueur de l'ALLIER est estimée à 425 km entre ses sources, en Lozère (au Moure de la Gardille, à 1485 m d'altitude), et sa confluence avec la Loire au Bec d'Allier (à proximité de Nevers, à une altitude 170 m environ).

Le linéaire total des cours d'eau secondaires de l'ALLIER est estimé à 10 620 km sur la base des masses d'eau cartographiées dans le cadre du SDAGE Loire Bretagne.

Les zones de relief (57%) sont légèrement majoritaires par rapport aux zones de plaine (43%).

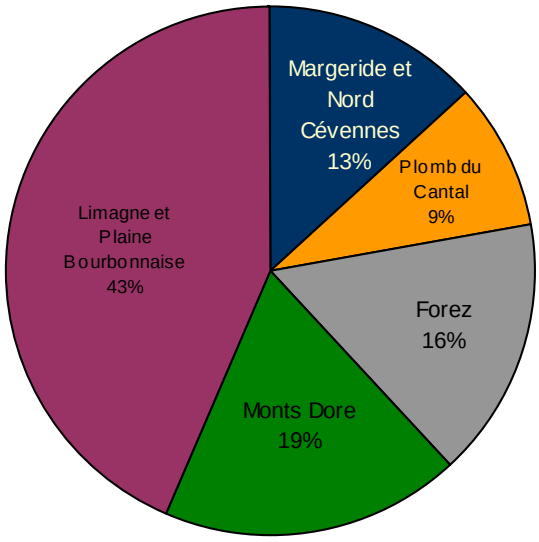

Fig. 1 : proportion des surfaces des grands ensembles géographiques

La carte suivante présente les principaux reliefs du bassin versant. Elle est issue d'un traitement des données topographique IGN : courbes de niveau avec pas d'altitude de 10m.

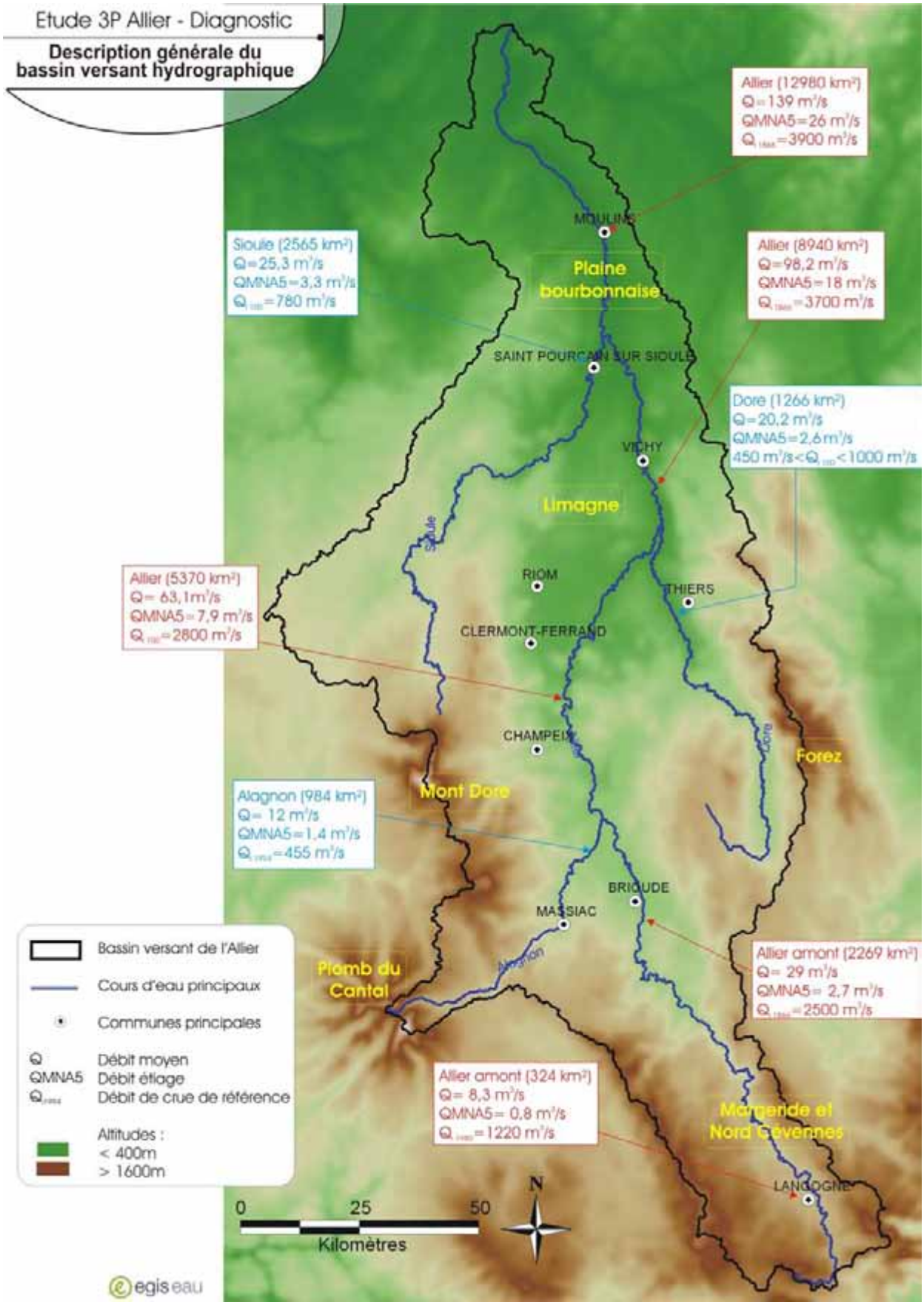

Fig. 2 : description générale du bassin versant hydrographique

Sur la carte ci-avant, apparaissent 4 valeurs caractérisant l'hydrologie de l'ALLIER et de ses principaux affluents :

- La superficie du bassin versant en km2,

- Les débits moyens inter-annuels qui sont calculés sur l'année hydrologique et sur l'ensemble de la période d'observation de la station. Ils sont représentatifs de la ressource globale ;

- Les débits d'étiages QMNA5, on appelle QMNA le débit (Q) mensuel (M) minimal (N) de chaque année civile (A). Il se calcule, par définition, à partir d'un mois calendaire. Le QMNA 5 ans est la valeur du QMNA telle qu'elle ne se produit qu'une année sur cinq, ". Sa définition exacte est "débit mensuel minimal ayant la probabilité 1/5 de ne pas être dépassé une année donnée ;

- Les débits des pointes des crues de référence, on appelle débits de pointe de crue le débit maximal atteint par l'hydrogramme de la crue servant de référence pour les actuels documents réglementaires. Il s'agit soit de la crue théorique centennale, soit d'une crue historique observée supérieure à la crue théorique centennale.

Ces 3 valeurs de débit sont présentées car elles servent de référence pour certain document réglementaire :

- Le débit moyen inter-annuel donne une indication sur le volume annuel moyen écoulé et donc sur la disponibilité globale de la ressource. Il a valeur de référence, notamment dans le cadre de l'article L.232-5 du code rural.

- Le débit de référence d'étiage (QMNA5) est défini par le décret nomenclature n°93-743 de l'article 10 de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992. Il permet aux services instructeurs d'identifier le régime qui s'applique et d'apprécier les incidences des projets.

- Les débits de pointe des crues de référence sont utilisés comme valeur de référence dans les zonages réglementaires caractérisant les débordements en crue et en particulier dans les Plans de Prévention Risques Inondation (PPRI).

Le bassin de l'Allier est soumis aux 2 influences océanique et méditerranéenne, auxquelles se superpose l'influence du relief (abri, neige.).

Sous le jeu de ces influences, on peut distinguer 3 grandes zones :

- Les reliefs de la façade Ouest (Massif du Sancy, Cantal, Chaîne des Puys), sous influence océanique, et caractérisés par des précipitations totales annuelles abondantes (1000 à 1500 mm/an, parfois plus) mais d'intensité globale plutôt faible (rarement plus de 100 mm/24h), néanmoins localement les dépressions pluvieuses océaniques peuvent être intenses et entrainer des débordements violents de réseaux ou de petits cours d'eau secondaires comme ceux qui traversent les agglomérations riomoises et clermontoises,

- Les reliefs de la frange Sud-Est (Cévennes) exposée aux influences méditerranéennes : très fortes averses (parfois plus de 200 mm/24h) en automne et dans une moindre mesure au printemps. D'une superficie totale de l'ordre de 2700 km², le bassin du Haut-Allier est abrité des influences océaniques par la Margeride, de sorte que les crues océaniques sont quasiment inexistantes ou du moins très atténuées.
- Les massifs de l'Est (Livradois, Forez), en situation d'abri plus ou moins prononcé, de même que les plaines et vallées (Limagne: 600 mm/an à Clermont- Aulnat, Bassin d'Ambert) mais soumis à des orages fréquents en été (effet de continentalité.) et donc avec des risques marqués de précipitation intenses très localisés.

Ces zones d'influence peuvent avoir une influence sur les caractéristiques hydrologiques des différents bassins versants.

La carte suivante présente les 3 grandes zones d'influence climatique sur le bassin versant.

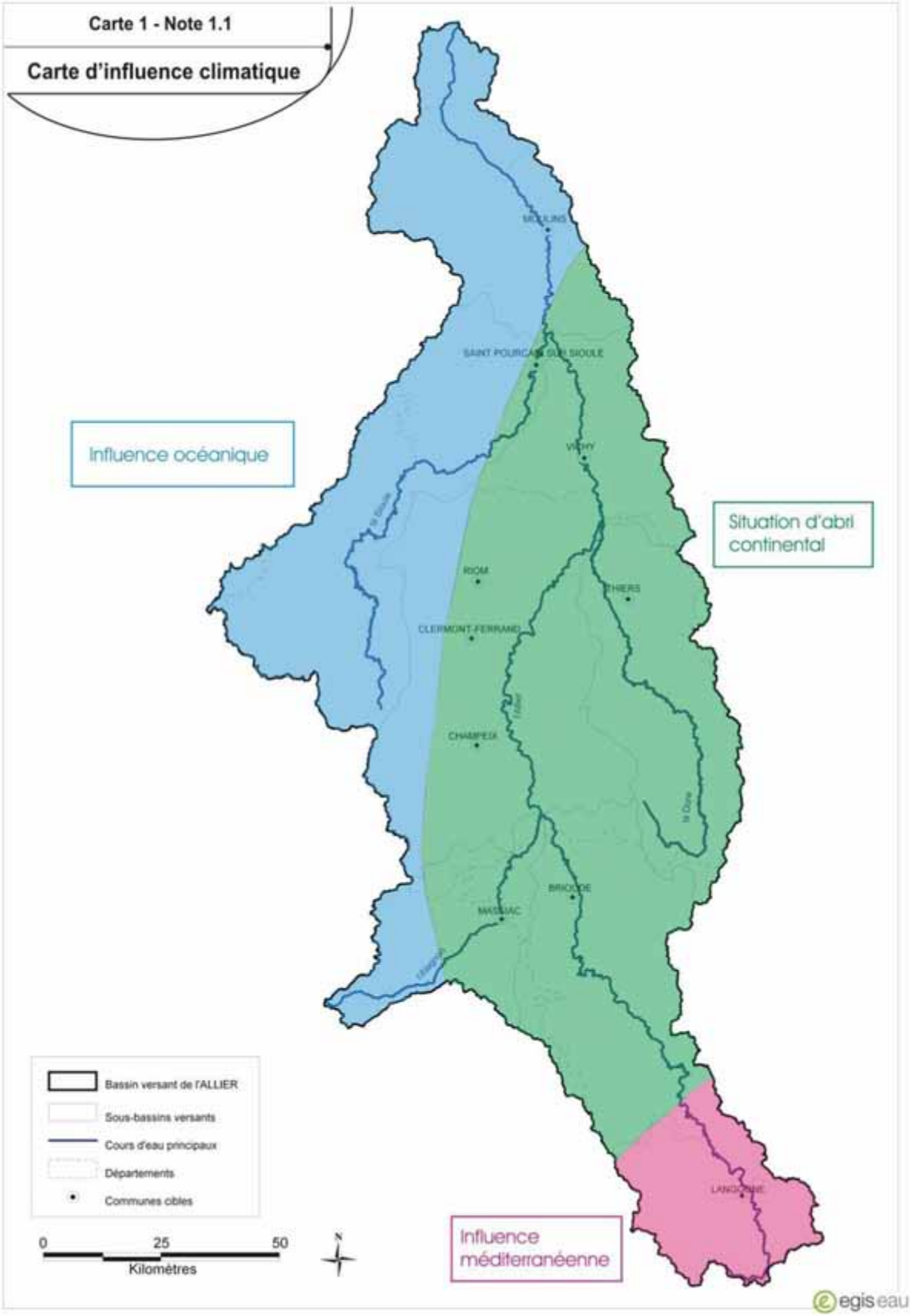

Fig. 3 : carte d'influence climatique

Un maillage d'environ 132 stations hydrométriques permet une bonne connaissance de l'hydrologie des cours d'eau en régime normal. L'analyse statistique des débits observés permet une estimation des débits de référence.

Les débits moyens spécifiques[1] des principaux cours d'eau sont comparables pour l'Allier et ses 3 principaux affluents. Ils varient entre 10 l/s/km² et 15 l/s/km².

Les débits spécifiques d'étiages (QMNA5) sont également comparables (entre 1 et 2 l/s/km²) même s'ils sont ponctuellement influencés par les grands ouvrages de soutien d'étiage comme Naussac sur l'Allier ou les Fades-Besserves sur la Sioule.

On en déduit que les reliefs et les influences climatiques affectent peu les régimes hydrologiques moyens et d'étiage sur l'Allier et ses 3 principaux affluents.

Au niveau des affluents secondaires, les valeurs de débits spécifiques peuvent être par contre très variables en fonction des caractéristiques physiques du bassin versant et de l'ancienneté des stations d'observations. Ces valeurs sont très mal connues sur le petit chevelu hydrographique qui ne fait pas l'objet de mesure d'observation exhaustive et ancienne.

Les débits de crues des principaux cours d'eau sont par contre contrastés en fonction des secteurs géographiques.

L'intensité des débits de pointe des crues fait l'objet d'analyses spécifiques dans le cadre de l'étude (Voir paragraphe ci-après : Analyse des débits de crues).

[1] Le débit spécifique est le débit mesuré ou calculé en un point, divisé par la superficie du bassin versant situé à l'amont de ce point ; il permet d'effectuer des comparaisons rapides entre les grandeurs hydrologiques caractéristiques de différents cours d'eau, en s'affranchissant du biais induit par la superficie des bassins versants respectifs de ces cours d'eau.

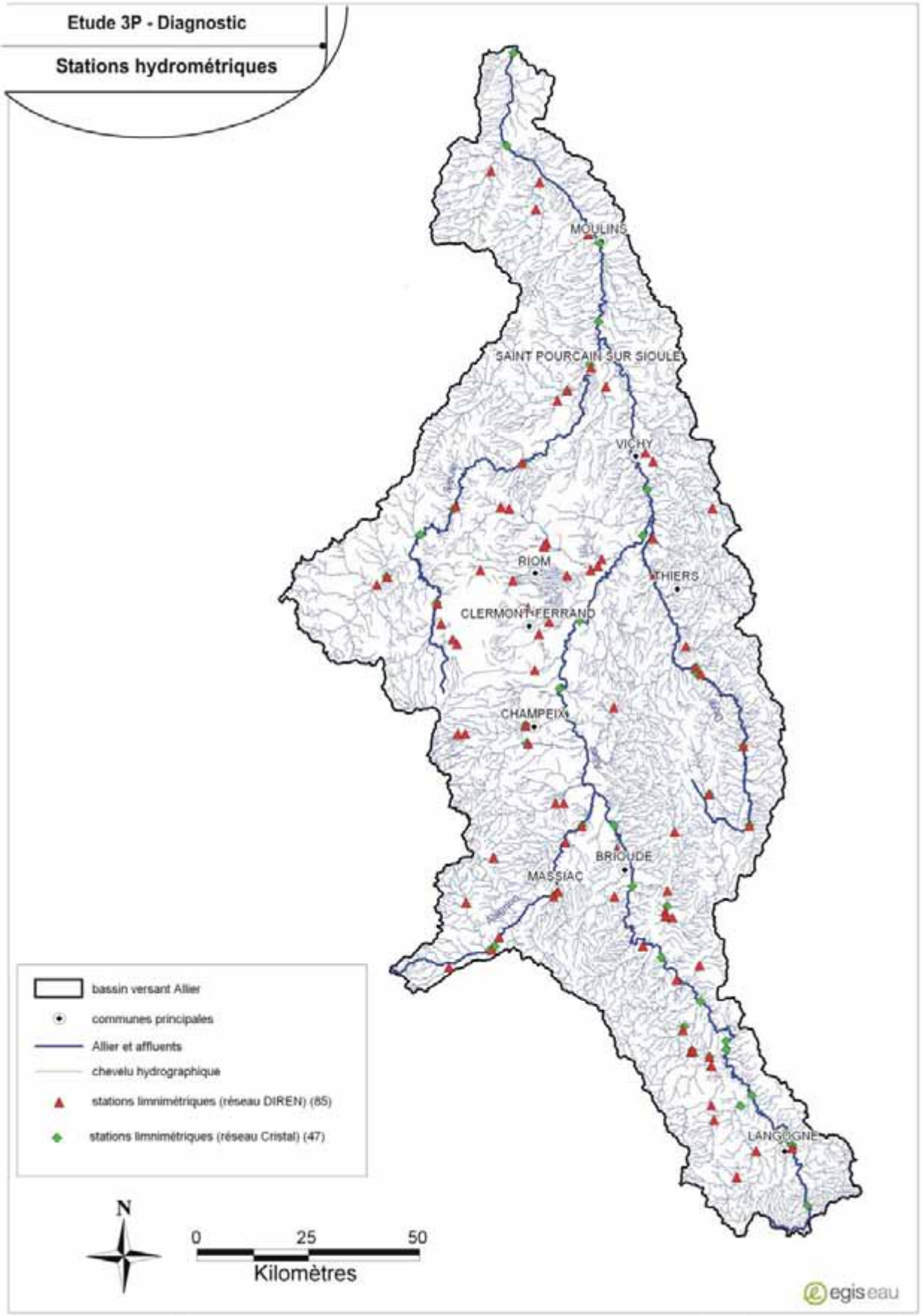

Fig. 4 : carte des stations hydrométriques

2.2. Géologie et Géomorphologie du bassin versant de l'Allier

► Contexte géologique :

La géologie sur le bassin versant de l'Allier est hétérogène.

Quatre entités différentes peuvent être distinguées :

- La partie aval du bassin fait partie de la terminaison sud du Bassin parisien. Elle est constituée par des terrains sédimentaires perturbés par la dégradation des formations du massif central.

- La partie amont du bassin, la plus étendue, recoupe le cœur du Massif Central. Elle est constituée par :
  - des bassins à dominante marno-calcaire en Limagne recouverts par les formations alluviales de l'Allier et de ses affluents
  - des édifices volcaniques des Monts Dore et du Cézallier au sud-ouest et de la chaine des Puys a l'ouest.
  - un socle granitique ancien sur l'extrémité amont de la Margeride et de la Lozère,

L'impact de la géologie sur les crues est indirect. La géologie des territoires n'influence pas les coefficients de ruissellement pour les pluies intenses qui sont à l'origine des crues de l'Allier et de ses affluents. En effet seule la couverture superficielle des sols a une influence sur le ruissellement.

Par contre la géologie détermine les pentes et les reliefs, donc la rapidité des écoulements et des formations des crues.

Aussi les crues sont plus rapides et plus intenses sur les zones de relief de la partie sud du bassin versant, constituée majoritairement du socle granitique et des formations volcaniques.

La carte suivante présente les principaux secteurs géologiques du bassin versant. Elle est issue de données BRGM non géo-référencées..

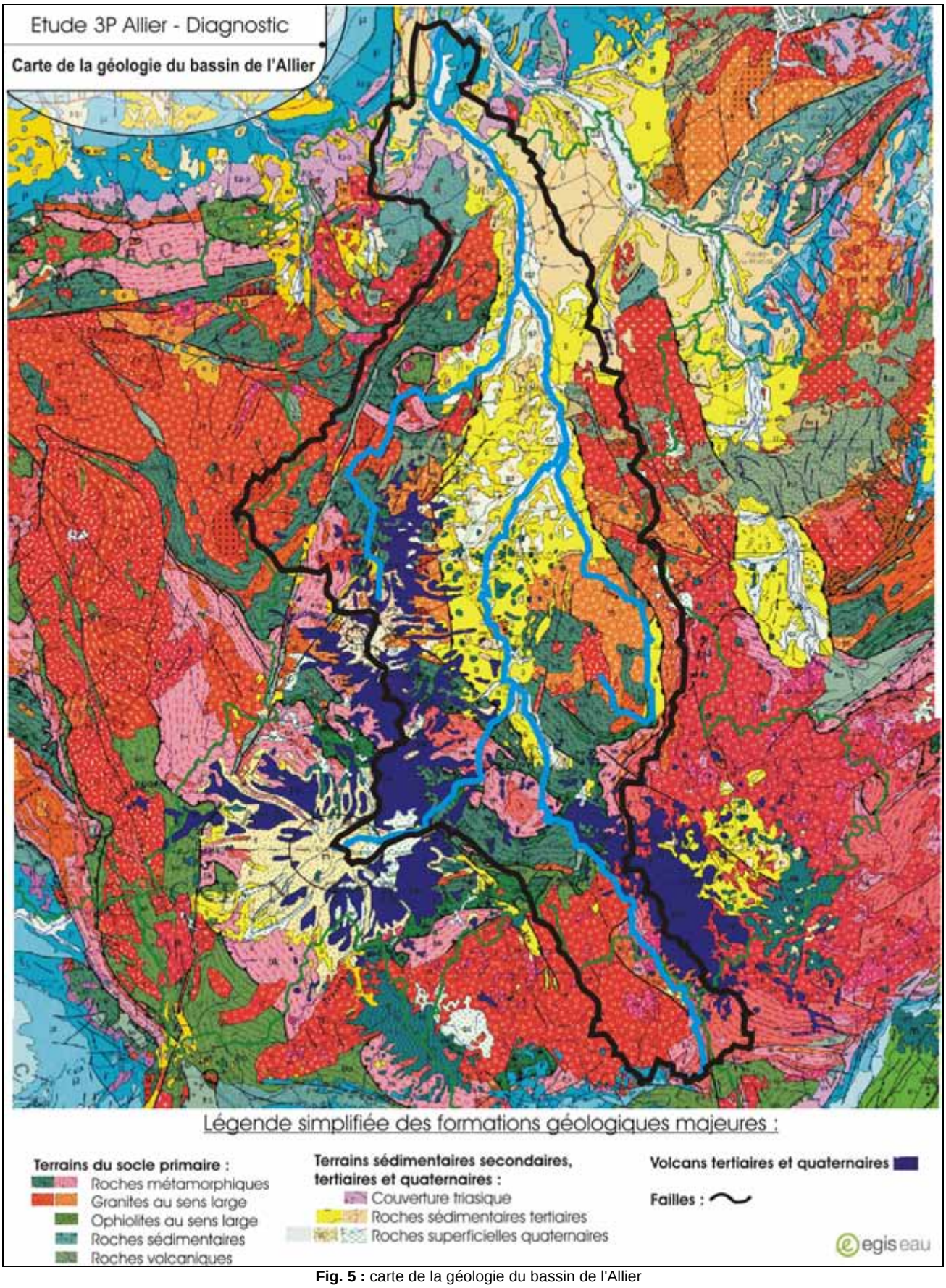

Fig. 5 : carte de la géologie du bassin de l'Allier

► Contexte hydrogéologique :

Quatre grands types d'entités hydrogéologiques sont représentés sur le périmètre du bassin versant de l'Allier :

- une entité composée de l'aquifère des alluvions de l'Allier qui ne couvre que 2% de la surface du bassin versant de l'Allier,
- une entité composée d'aquifères sédimentaires qui couvre le quart de la surface du bassin versant de l'Allier,
- une entité composée d'aquifères de socle répartie en bordure est et ouest et sur l'extrémité sud du bassin versant,
- une entité composée d'aquifères volcaniques essentiellement localisée dans le quart sud-ouest du bassin versant.

Le contexte hydrogéologique a une influence notable sur les débits d'étiage mais négligeable sur les débits de crues car la cinétique de remplissage et de vidange des aquifères est beaucoup plus lente que celle des crues.

On note enfin que l'extension limitée de l'aquifère limite le risque d'inondation par remontée ou débordement de nappe.

► Contexte géomorphologique du bassin versant :

A l'échelle du bassin versant de l'Allier, on peut distinguer 2 grandes unités :

- Une première unité géomorphologique qui correspond à l'Allier « Montagnard » des sources à Pont du Château pour la rivière Allier (linéaire de 250 km) et pour la totalité de ses principaux affluents hormis les extrémités avales de la Dore et de la Sioule. Cette unité est caractérisée par les fortes pentes des cours d'eau et de leur vallée, une géologie dominée par le socle, les volcans et des recouvrements tertiaires. Malgré une homogénéité à ce niveau global, cette unité est cependant marquée par la présence du petit fossé d'effondrement de Brioude à Issoire dont les caractéristiques morphologiques tranchent avec le reste: on note à ce niveau un élargissement singulier (2 km en moyenne) du fond de vallée dans le bassin tectonique de Brioude.

Fig. 6 : exemple de l'Allier « Montagnard » : l'Allier à Jonchères

- Une seconde unité géomorphologique qui correspond à l'Allier « des Plaines » de Pont du Château à la confluence avec la Loire (linéaire de 200 km) ainsi que les extrémités avales de la Dore et de la Sioule (linéaire de 50 km). Cette unité correspond à la grande plaine de la Limagne dont la géologie est essentiellement sédimentaire tertiaire avec un dépôt d'alluvions fluviatiles récent au niveau des vallées. Les pentes sont faibles et les vallées très larges (1km à 5km).

Fig. 7 : exemple de l'Allier « des Plaines » : l'Allier à Moulins

Ces 2 zones correspondent également aux 2 typologies de crues rencontrées :

- Inondation de type plutôt torrentielle pour l'Allier « Montagnard » hors fossé d'effondrement de Brioude, les pentes fortes et les vallées encaissées génèrent des inondations rapides avec de fortes vitesses de débordements sur les berges et le lit majeur,
- Inondation de plaine pour l'Allier « des Plaines » et petit fossé d'effondrement de Brioude à Issoire, les pentes faibles du profil en long et les larges vallées entrainent un étalement des débordements avec des vitesses plus faibles dans le lit majeur.

Remarque :

On rappelle, dans le tableau ci-dessous, la typologie retenue en France depuis 1992 pour caractériser les différents risques inondation.

Tab. 1 : typologie des risque d'inondations

La montée lente des eaux en région de plaine	
Les inondations de plaine	La rivière sort de son lit mineur lentement et peut inonder la plaine pendant une période relativement longue. La rivière occupe son lit moyen et éventuellement son lit majeur.
Les inondations par remontée de nappe	Lorsque le sol est saturé d'eau, il arrive que la nappe affleure et qu'une inondation spontanée se produise. Ce phénomène concerne particulièrement les terrains bas ou mal drainés et peut perdure. Elle est marginale sur le bassin versant del'Allier.
La formation rapide de crues torrentielles consécutives à des averses violentes	
Les crues des rivières torrentielles et des torrents	Lorsque des précipitations intenses tombent sur tout un bassin versant, les eaux ruissellent et se concentrent rapidement dans le cours d'eau, d'où des crues brutales et violentes dans les torrents et les rivières torrentielles. Le lit du cours d'eau est en général rapidement colmaté par le dépôt de sédiments et des bois morts peuvent former des barrages, appelés embâcles. Lorsqu'ils viennent à céder, ils libèrent une énorme vague, qui peut être mortelle.
Le ruissellement pluvial urbain	
Les crues rapides des bassins périurbains	L'imperméabilisation du sol (bâtiments, voiries, parkings, etc.) limite l'infiltration des pluies et accentue le ruissellement, ce qui occasionne souvent la saturation et le refoulement du réseau d'assainissement des eaux pluviales. Il en résulte des écoulements plus ou moins -importants et souvent rapides dans les rues. Ces débordements ponctuels sont couramment observés sur le bassin versant de l'Allier mais ils sont induits par des dysfonctionnements artificiels et doivent être résolus localement à l'échelle de la parcelle ou du quartier. Ils ne sont donc pas étudiés dans le cadre du présent diagnostic.

► Profil en long et morphologie :

Sur son extrémité amont, le lit de l'Allier est stable latéralement car il se trouve dans des gorges et sur des terrains granitiques.

La rivière Allier, en aval de Vieille Brioude, se caractérise par une dynamique assez importante. La rivière présente un style fluvial sinueux sur 220 kilomètres environ entre Vieille Brioude et Villeneuve sur Allier.

Cette dynamique est alors variable suivant selon les tronçons en fonction de:

- la pente du lit mineur,
- la géologie des sols,
- la morphologie de la vallée,
- les obstacles anthropiques comme les digues ou les seuils.

A partir de Villeneuve-sur-Allier et jusqu'à sa confluence avec la Loire, l'Allier adopte un autre style morphologique, le tressage, caractérisé par des chenaux multiples dans un lit moyen assez rectiligne.

Le profil en long est un témoin de la morphologie du cours d'eau : plus les pentes sont faibles, plus la dynamique latérale est forte.

Sur ce secteur, la dynamique de la rivière est également influencée par les ouvrages (ponts, digues, seuils) et l'exploitation des gravières.

La dynamique fluviale de l'Allier a été décrite précisément dans l'étude de la DIREN Auvergne EPTEAU de 1998, complétée en 2006, par les études de dynamique fluviale du SAGE Allier aval Hydratec-Asconit.

Ces études ont permis en particulier de définir les espaces de mobilité de la rivière qui sont présentés dans le diagnostic environnemental. On note que ces espaces de mobilité se situent toujours à l'intérieur de la zone inondable.

La carte ci-après présente pour exemple l'évolution diachronique du lit de l'Allier au niveau de l'agglomération de Vichy. Elle est issue du diagnostic du SAGE Allier aval.

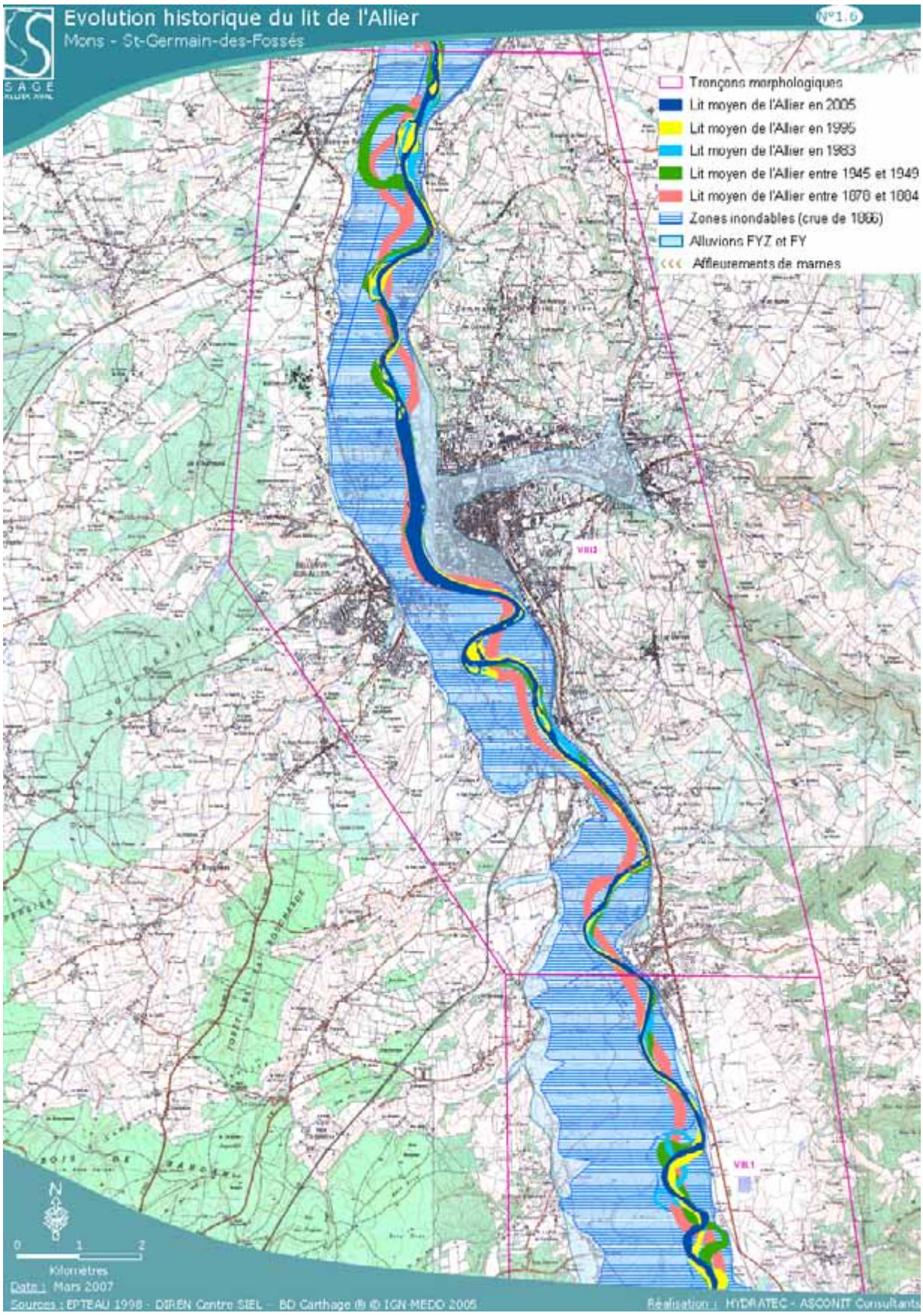

Fig. 8 : évolution diachronique du lit de l'Allier au niveau de l'agglomération de Vichy (SAGE Allier aval)

2.3. Genèse des crues de l'Allier

La formation des crues en Auvergne et dans le bassin de l'Allier est intimement liée au contexte climatique et géographique que nous venons de détailler.

Les caractéristiques marquées du climat et du relief permettent ainsi de distinguer 3 types de crues « géographiques »:

- Des crues océaniques par flux dominant d'ouest, qui concernent surtout le bassin de la Dordogne et les affluents de rive gauche de l'Allier : Alagnon, Couzes et Sioule. Ces crues sont assez fréquentes mais d'intensité en générale faible (occurrence le plus souvent inférieure à 10 ans d'ordre de retour) ;

- Des crues méditerranéennes pures par flux de sud-est (« crues cévenoles strictes»), qui concernent uniquement le très Haut Allier (Lozère et sud Haute Loire) ; l'exemple le plus fameux est la crue exceptionnelle du 21 septembre 1980 qui a dévasté Langogne avec un débit de pointe de 1200 m^3/s.

- Des crues mixtes par flux dominant de sud-ouest, associant des remontées méditerranéennes à une perturbation atlantique venant se bloquer sur tout ou partie du Massif Central. Suivant la position du blocage, les réactions des cours d'eau diffèrent : un blocage sur l'est concerne surtout le bassin de la Loire et ses affluents de rive droite, dans une moindre mesure le Haut-Allier et la Dore. Un blocage sur l'ouest fait réagir le Haut-Allier et ses affluents de rive gauche, la Loire supérieure et la Dore étant peu touchées : l'un des cas les plus récents est celui des fortes crues des 4 et 5 novembre 1994.

Les 3 grandes zones géographiques sont présentées sur la carte ci-après.

Les chroniques historiques montrent que pour les petits cours d'eau et pour les événements exceptionnels, la distinction géographique présentée plus haut n'est plus valable.

On observe deux types de crues qui concernent la globalité du bassin versant de l'Allier :

- On peut assister à des situations exceptionnelles de crues généralisées dues à des blocages successifs de fronts sur l'est et l'ouest, associés à des remontées de sud. La dernière très grande crue généralisée sur le bassin versant de l'Allier remonte à 1866 et sert de référence sur la partie aval de l'axe Allier.

- Enfin des crues localisées et difficilement prévisibles sont dues à des orages puissants. Ces événements sont généralement circonscrits à des zones de faible superficie et peuvent avoir lieu partout, leur intensité étant aggravée par la présence de relief bloquant la propagation de l'orage. Ces épisodes pluvieux intenses sont responsables de nombreux arrêtés catastrophe naturelle inondation observés ces 20 dernières années. Ils sont le plus souvent provoqués par des débordements de cours d'eau secondaires liés à des événements pluvieux exceptionnels très localisés et parfois aggravés par des phénomènes particuliers comme la fonte des neiges et la rupture brutale d'embâcles ou d'ouvrages.

On peut également observer des combinaisons d'événements. L'événement de décembre 2003 constitue un mélange entre une crue mixte et une crue généralisée de faible importance. Celui de novembre 2008 correspond plutôt à un événement cévenol dégradé.

► Saisonnalité des crues de l'Allier

Suite à une analyse statistique réalisée sur 63 crues historiques importantes depuis quatre siècles, on observe que les 2/3 des crues de l'Allier ont eu lieu entre septembre et décembre.

Cela correspond aux périodes les plus propices pour les événements climatiques de type cévenols.

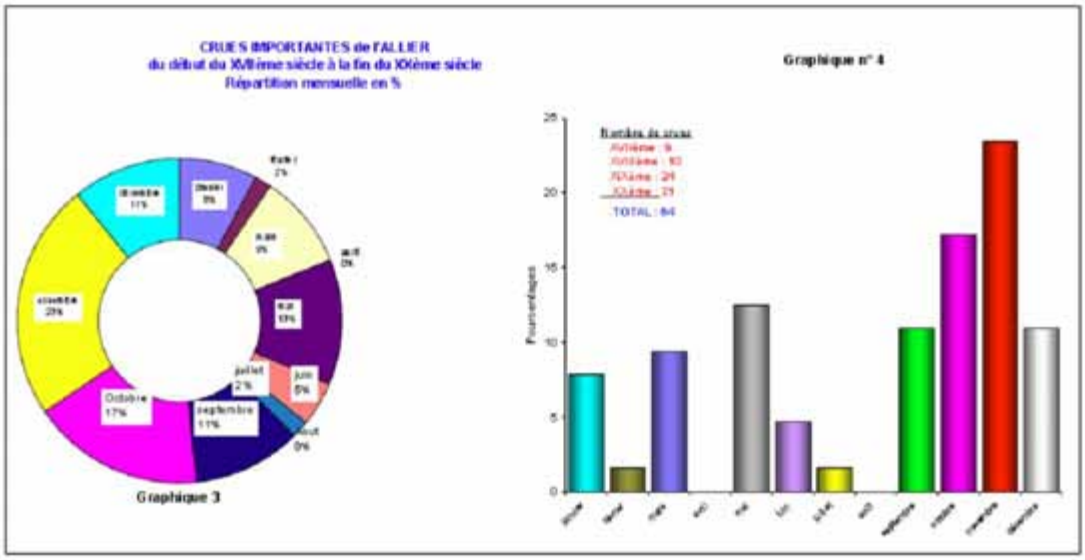

Fig. 9 : saisonnalité des crues de l'Allier

Concernant les affluents principaux et secondaires, il est impossible de statuer sur une saisonnalité des crues. Il apparait, au contraire, que les événements pluvieux exceptionnels localisés peuvent avoir lieu à n'importe quelle période de l'année. Les observations historiques montrent que les événements intenses et isolés sont la conjonction de facteurs exceptionnels et par définition imprévisibles : Fonte des neiges brutales, orages d'été intense, précipitations convectives immobiles,…

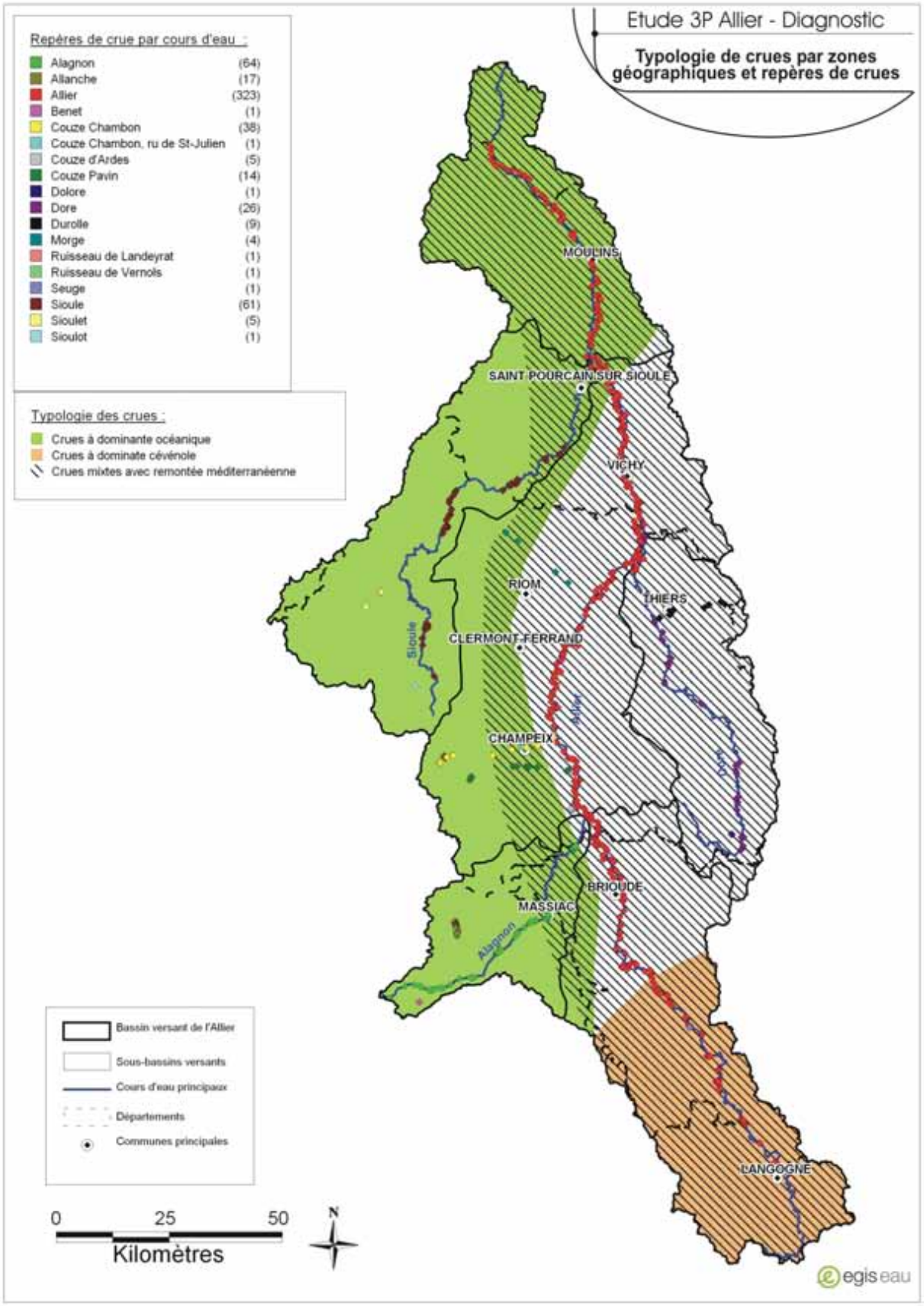

Fig. 10 : typologie des crues par zones géographiques et repères de crues

3. ANALYSES STATISTIQUES DES CRUES DE L'ALLIER ET DE SES PRINCIPAUX AFFLUENTS - CHOIX DES DEBITS DE REFERENCE

3.1. Connaissance des crues variables suivant les cours d'eau

La rivière Allier fait l'objet d'observations depuis plus de 150 ans. Les données et analyses hydrologiques sont donc nombreuses et complètes.

On notera en particulier les études suivantes :

- Données hydrologiques de la banque Hydro,
- Carte Vigilance Crue sur le bassin de l'Allier datant de 2007 pour le SPC ALLIER réalisé par le LRPC de Clermont Ferrand
- Les crues de l'Allier, étude comparative datant de 2005 réalisé par le LRPC de Clermont Ferrand,
- Les études hydrologiques pour la mise en place des modélisations hydrauliques de l'ALLIER dans le département du Puy de dôme (LRPC en cours), sur l'agglomération de VICHY (BCEOM 2000), sur l'agglomération de Moulins (Hydratec-2010 et SILENE-2008).

Au préalable, il est nécessaire de présenter les trois principales méthodes permettant l'estimation des débits de pointe des crues :

- La première méthode consiste en l'analyse statistique des valeurs des débits observés au niveau des stations hydrométriques existantes. Cette méthode nécessite des données fiables et sur une longue période car les crues de référence sont des crues rares d'occurrence au moins centennale.
- La seconde méthode consiste à utiliser des formules empiriques qui permettent une estimation des débits de pointe à partir de valeurs caractérisant la pluviométrie et des données physiques du bassin versant. Ces méthodes sont utilisées au niveau national, elles sont dépendantes des paramètres d'entrée et elles ont des domaines de validité restreint,
- La troisième méthode est la réalisation de modèles pluie débit qui simulent l'arrivée d'une pluie sur un bassin versant ; ces modélisations sont également fortement dépendante des paramètres d'entrée ainsi que des possibilités de calage du modèle.

Pour les 3 méthodes, la précision des résultats est inversement proportionnelle à l'ordre de retour du débit recherché.

L'analyse des données existantes montrent que la connaissance des débits de crues est très variable selon les cours d'eau et la durée d'observation des stations de mesures :

- Les débits de pointe et les hydrogrammes de l'Allier sont connus précisément à partir d'analyses statistiques menées sur une longue période d'observation historique (plus de 150 ans) des crues de la rivière et grâce aux analyses hydrologiques complètes menées en particulier par le Service de Prévision de Crues de l'ALLIER,

- Les débits de pointe de la Sioule et de l'Alagnon sont bien identifiés jusqu'à l'événement de type décennal, les périodes d'observation des crues historiques étant limitées respectivement à une quarantaine années. Pour la Dore, le choix du débit de référence est d'autant plus difficile à définir que ce bassin versant est influencé par les crues méditerranéennes dégradées plus rares et imprévisibles débordant sur son versant sud-est.
- Pour les affluents, les analyses statistiques des données observées ne sont pas exploitables pour caractériser les débits de crues de référence. Les durées d'observation sont en effet trop courtes pour permettre des analyses statistiques fiables. Par conséquent, les débits de référence sont estimés à l'aide de plusieurs méthodes de calcul qui aboutissent à des résultats plus ou moins cohérents d'une méthode à l'autre, ce qui induit une grande incertitude quant à leur validité.. Les observations historiques sembleraient confirmer que des événements localisés d'intensité cévenole (100 l/s/ha) peuvent survenir sur toute la surface des petits basins versants.

La carte ci-après présente ces 3 catégories géographiques.

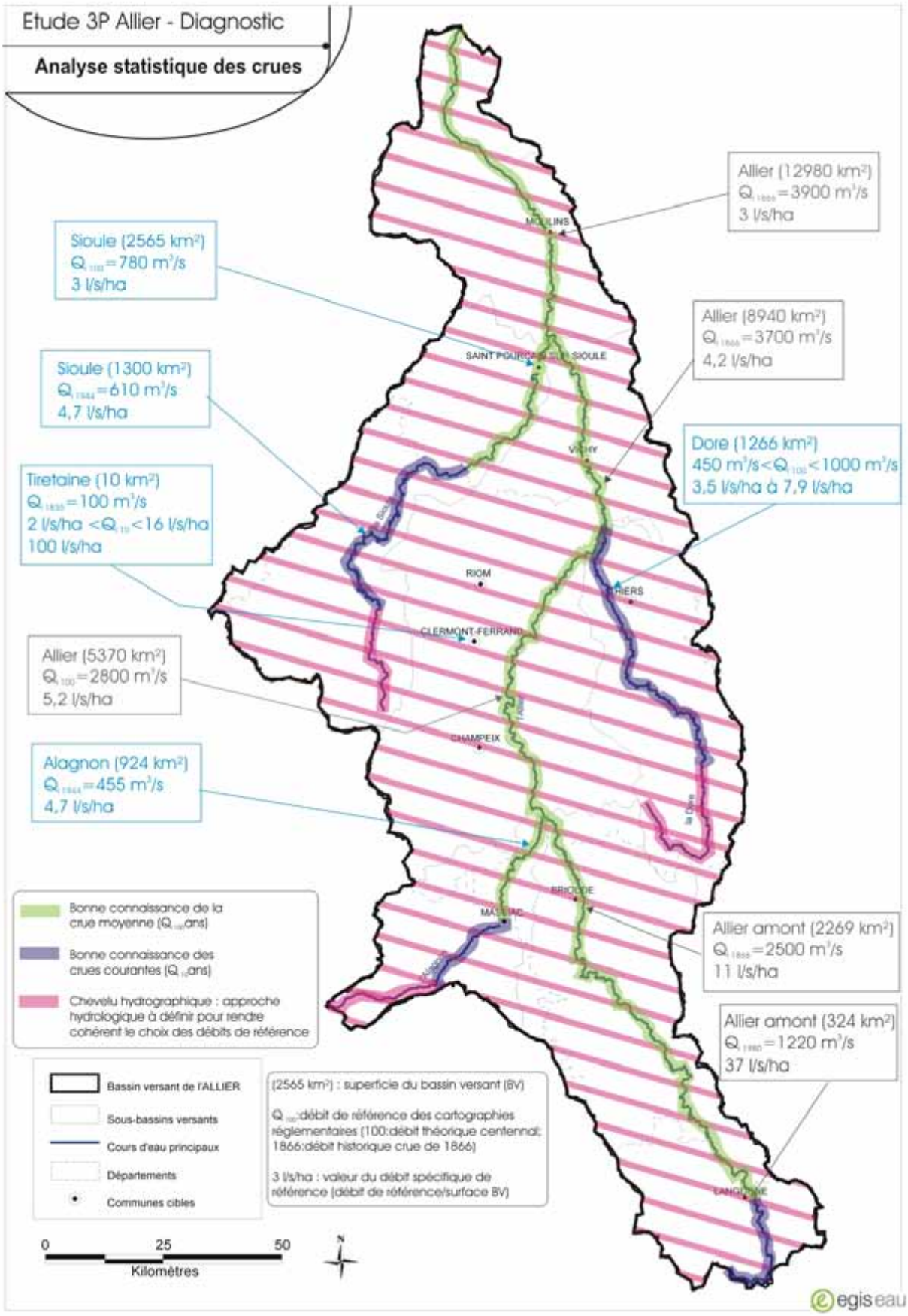

Fig. 11 : analyse statistique des crues

3.2. Choix des crues de référence

Dans le cadre de la Directive Inondation, les 3 événements suivants devront être étudiés sur l'ensemble du territoire national:

- Crue de faible probabilité ou scénarios d'événements extrêmes; très largement supérieur à 100 ans d'ordre de retour,
- Crue de probabilité moyenne (période de retour probable supérieure ou égale à cent ans);
- Crue de forte probabilité, le cas échéant.

Sur le bassin versant de l'Allier, les crues historiques de référence comme celle de 1866 sont globalement d'ordre de retour cent ans.

Les crues de référence sont donc aujourd'hui caractérisées comme crues moyennes au sens de la Directive Inondation.

Les valeurs de débits de pointe de référence sont assez homogènes à l'aval de Brioude et pour l'ensemble des 3 principaux affluents. Le débit de pointe de référence évolue entre 3l/s/ha et 6 l/s/ha.

On note par contre de très forts contrastes des débits de crue de l'Allier entre l'amont et l'aval. Ainsi, les débits spécifiques de l'Allier évoluent de 37 l/s/ha à 3 l/s/ha entre Langogne et Moulins.

Le tableau et le graphe ci-après témoignent de l'évolution du débit spécifique de l'Allier en fonction de la taille de son bassin versant entre Langogne, en amont, et la confluence avec la Loire.

Tab. 2 : évolution du débit spécifique de l'Allier en fonction de la taille de son bassin versant entre Langogne et la confluence avec la Loire

Rivière	Localisation	Surface BV (S en km²)	Débit pointe Crue moyenne (Q en m3/s)	Débit spécifique Qs = Q/Sbv (l/s/ha)
Allier	Langogne	324	1220	37,65
	Langeac	920	1800	19,57
	Vieille Brioude	2269	2500	11,02
	Coudes	5370	2800	5,21
	Saint Yorre	8940	3700	4,14
	Moulins	12980	3900	3,00
	Bec Loire	14000	4000	2,86
Alagnon	Confluence Allier	924	455	4,92
Dore	Pont de Dore	1266	600	4,74
Sioule	Saint Pouçain	2565	780	3,04

Les valeurs de débit de crue moyenne sont celles utilisées dans les actuels documents réglementaires de zonage des inondations comme les Plans de Prévention Risques inondation. Ces valeurs sont des valeurs de débit de crue moyenne au sens de la Directive Inondation car elles correspondent à des événements d'occurrence centennale ou légèrement supérieure.

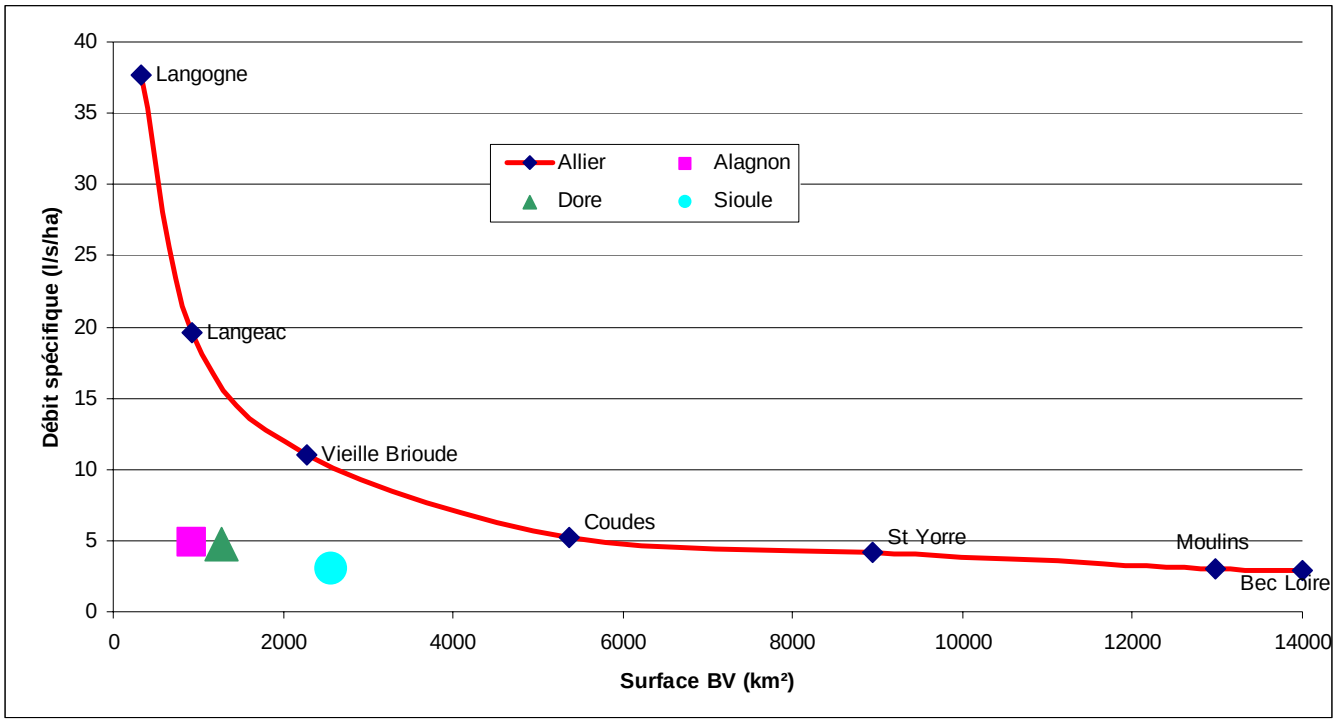

Fig. 12 : évolution du débit spécifique de l'Allier en fonction de la taille de son bassin versant entre Langogne et la confluence avec la Loire

Ce graphe permet de mettre en évidence 4 phénomènes caractéristiques de l'hydrologie de la rivière Allier :

- Le bassin amont est affecté par des événements typiques des événements cévenols avec des débits spécifiques supérieurs à 30 l/s/ha ; le bassin aval est affecté par des événements typiques des événements pluvieux océaniques avec des débits spécifiques de l'ordre de 3 ou 4 l/s/ha (comme les bassins voisins de la Dordogne ou de la Vienne),
- Le rôle de l'écrêtement des pointes de crue est visible dans la partie de plaine à partir de Coudes : stagnation du débit de pointe. Les volumes de débordement dans le lit majeur sont très importants et ils permettent un écrêtement naturel de la pointe de l'hydrogramme pour les grandes crues.
- La très faible probabilité de concomitance des pointes des crues de l'Allier avec ses 3 affluents principaux. Les crues de l'Alagnon, la Dore et la Sioule arrivent en général, avant la pointe de la crue de l'Allier et compte tenu de l'espacement entre les 3 confluences, leurs 3 pointes respectives sont en général décalées.
- La géométrie du bassin versant amont de l'Allier : en amont de la confluence avec l'Alagnon, le bassin versant de l'Allier est très étiré et l'axe Allier n'est alimenté à l'aval de Langogne que par de petits bassins versants. Les petits affluents qui en sont issus ont des temps de concentration beaucoup plus rapides que l'Allier et par conséquent, la probabilité de concomitance des pointes de crues est très faible.

Sur les affluents secondaires, les estimations des débits de référence sont très variables et incertaines.

Les observations historiques sembleraient confirmer que des événements localisés d'intensité cévenole (100 l/s/ha pour les bassins versant de quelques km2) peuvent survenir.

Leur fréquence est très rare mais elles peuvent entrainer des dégâts considérables.

Sur l'agglomération clermontoise, il apparaît, par exemple, que deux crues d'occurrence supérieures à 100 ans (la crue de 1764 et la crue de 1835) ont touché respectivement la partie haute de l'Artière et la partie haute de la Tiretaine Nord.

Le tableau ci-après présente les résultats des estimations de débits.

Tab. 3 : estimation des débits sur l'agglomération clermontoise

Cours d'eau	Surface	Débit de pointe	Débit spécifique : Qi/S
L'Artière à Beaumont	31 km²	300 m^3/s (en 1764)	9.68 m3/s/km²
La Tiretaine à Royat	10.04 km²	100 m^3/s (en 1835)	9.96 m3/s/km²

Les débits spécifiques de ces crues historiques ont donc été évalué à 100 l/s /ha pour des bassins versant de l'ordre de 20 km2.

Soit 30 fois plus que les valeurs issues des stations de jaugeage qui ont une durée d'observation de quelques dizaines d'années. Une analyse statistique a été menée sur d'autres cours d'eau voisin et de taille comparable. Les conclusions sont identiques.

L'analyse statistique issue des stations de jaugeage a donc tendance à sous évaluer sensiblement la valeur des débits de pointe des crues sur les petits cours d'eau.

On peut critiquer tous ces résultats puisqu'ils sont tous fondés sur des hypothèses discutables :

- durée d'observation et courbe de tarage pour les stations de jaugeage,
- données topographiques, pluviométrie, coefficient de ruissellement, temps de concentration et formule de transfert pour la modélisation pluie-débit,
- identification du repère de crue, reconstitution de la vallée et choix des coefficients de rugosité pour les débits historiques.

Mais le choix des débits de référence conditionne directement :

- Les documents réglementaires comme les zonages réglementaires des PPRI,
- La mesure des impacts hydrauliques des aménagements dans le lit majeur.

Une analyse hydrologique spécifique des petits bassins versants de l'Allier doit donc être menée pour préciser les valeurs de référence et limiter les disparités de résultats actuellement observés.

3.3. Hydrogrammes de crues et notion de volume débordant

Le débit de pointe de référence est une valeur instantanée tandis que l'hydrogramme est une représentation de la variation temporelle des débits dans une section d'un cours d'eau.Le débit de pointe est donc représentatif du maximum de l'inondation et l'hydrogramme est représentatif du volume débordé et de la vitesse d'arrivée de la pointe de la crue.

L'hydrogramme permet également de visualiser les concomitances des crues.

1.1.1 Hydrogammes de l'Allier et des principaux affluents

Les hydrogrammes de référence pour l'Allier sont reconstitués sur la base de limnigramme (hauteurs d'eau) observé qui sont connus.

Les 31 stations suivantes font en 2010, l'objet dune reconstitution de l'événement de référence de 1866 dans le cadre de l'étude du SPC Allier pour réaliser à terme (horizon 2010- 2011), une révision des Plans de Prévention des Risques Inondations riverains de l'Allier dans l'ensemble du département du Puy de Dôme.

Tab. 4 : liste des stations limnimétriques sur le bassin de l'Allier

Rivière	Station
Allier	Langogne
Langouyrou	Langogne
Auroux (Chapeauroux)	Soulis (près de Saint Bonnet de Montauroux)
Allier	Langeac
Cronce	Aubazat
Allier	Vieille Brioude
Senouire	Saint Pal de Mur
Senouire	Lavaudieu
Allier	Lamothe
Allanche	Entraigues
Alagnon	Babory
Sianne	Blesle
Couze d'Ardes	Le Breuil sur Couze
Eau Mère	Sauxillanges
Allier	Parentignat
Couze Pavin	Issoire
Couze Pavin	Issoire
Couze Chambon	Coudes
Couze Chambon	Coudes
Allier	Coudes
Allier	Cournon
Allier	Pont du Château
Morge	Maringues
Morge	Maringues
Dore	Ambert
Allier	Ris (aval Dore)
Sioule	Pontgibaud
Sioulet	Pontaumur

Allier	Moulins
Allier	Le Veurdre
Allier	Le Guétin

La reconstitution provisoire des limnigrammes de la crue de 1866 est présentée, pour exemple, sur le schéma ci-dessous pour les 7 stations de l'Allier aval et de la Sioule.

Cette reconstitution sera définitive fin 2010 et servira donc de base au modèle hydraulique permettant à terme une révision des Plans de Prévention des Risques Inondations riverains de l'Allier dans l'ensemble du département du Puy de Dôme.

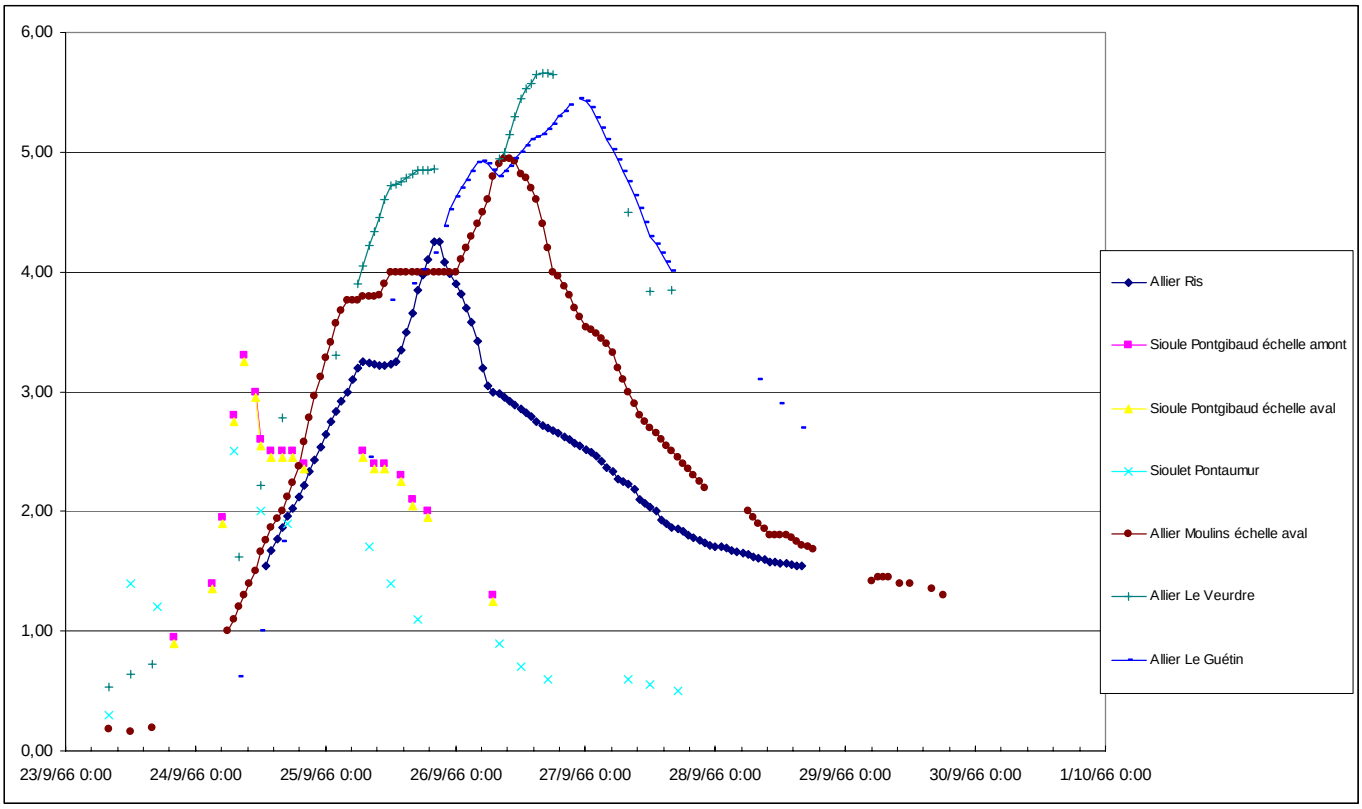

Fig. 13 : reconstitution provisoire des limnigrammes de la crue de 1866

Les limnigrammes (hauteurs d'eau) sont ensuite transformés en hydrogramme (débits) à partir des courbes de tarage quand elles sont fiables et disponibles.

L'exemple ci-après représente l'hydrogramme de crue de la crue de 1866 de l'Allier au niveau de Moulins. Cet hydrogramme sert de référence pour le zonage réglementaire du PPRI du Val d'Allier Nord dans les départements de l'Allier et la Nièvre

On observe que le débit débordant qui est en dessous de 1 000 m3/s a duré pendant prés de 100 heures pour cet événement et que le volume débordant de l'Allier est de l'ordre de 400 Millions de m^3.

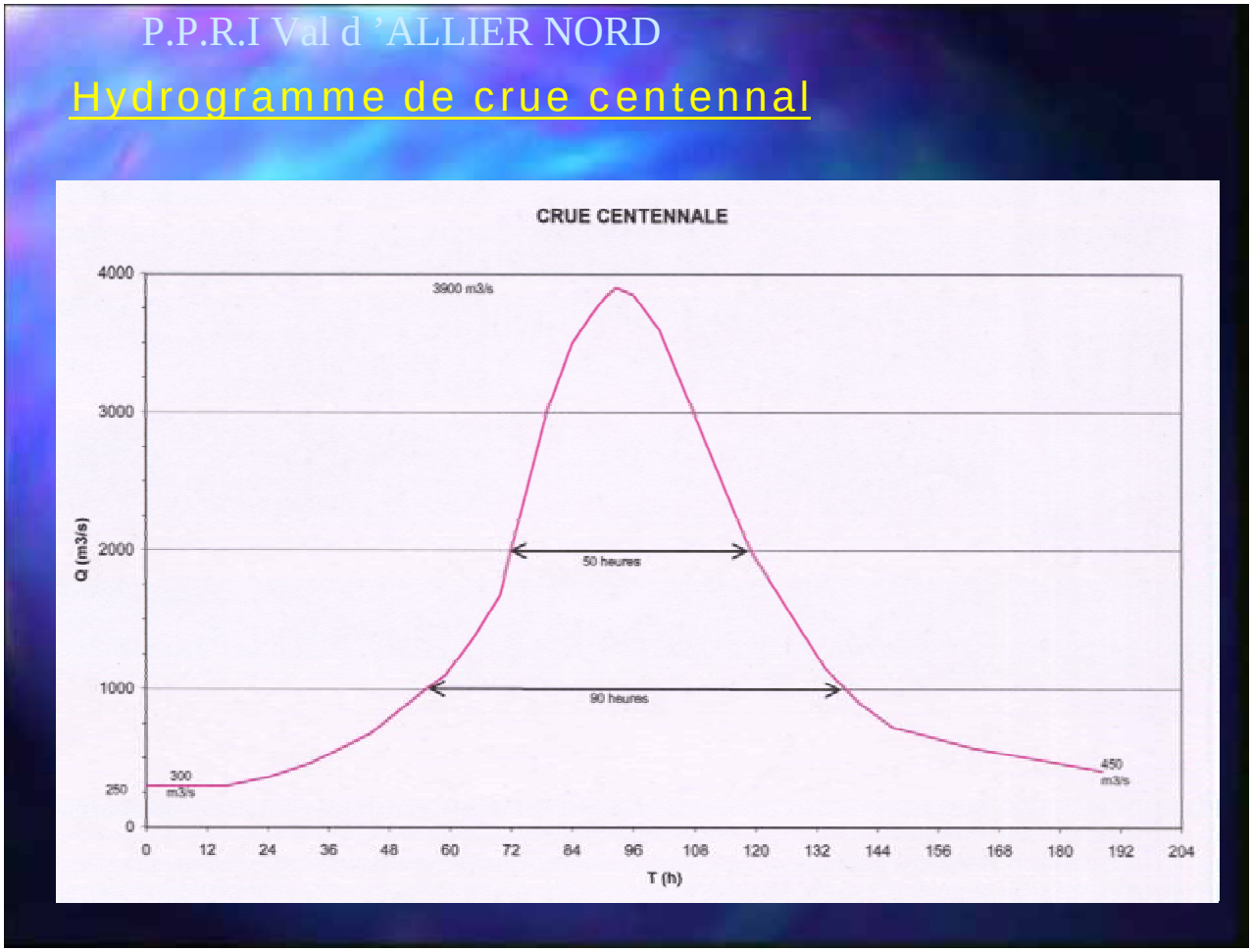

Fig. 14 : hydrogramme de crue centennal - PPRI Val d'Allier Nord

1.1.2 Hydrogammes pour les affluents secondaires

Quelques affluents secondaires ont fait l'objet d'analyse hydrologique spécifique permettant la reconstitution théorique d'hydrogramme de crues de référence centennale. Cette analyse a été menée essentiellement sur les cours d'eau traversant l'agglomération clermontoise.

L'exemple ci-après représente l'hydrogramme de crue d'un petit affluent de l'Allier : l'Artière au niveau de l'agglomération Clermontoise.

Cet hydrogramme sert de référence pour l'étude hydraulique de cartographie de l'agglomération clermontoise (2009- Egis Eau-Clermont communauté).

On observe que le débit débordant qui est en dessous de 40 m^3/s ne dure que 2 heures pour cet événement et que le volume débordant de l'Artière est de l'ordre de 0.3 Millions de m^3.

Ces 2 exemples montrent que les hydrogrammes de référence sont des paramètres très important pour caractériser l'inondation et en particulier sa durée de submersion.

Dans les zonages réglementaires des PPRI, ils ne sont pourtant utilisés que sur la rivière Allier.

Pour les affluents secondaires, les zonages réglementaires ne tiennent compte que du débit de pointe pour caractériser la crue.

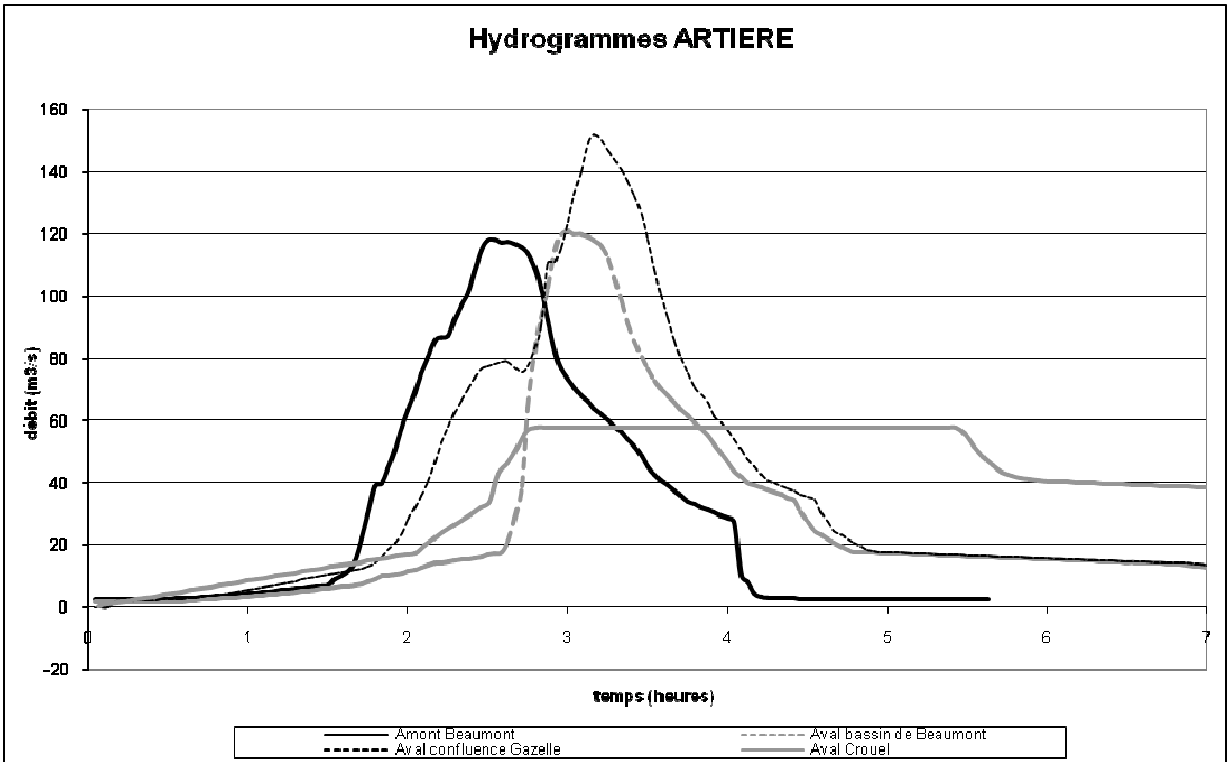

Fig. 15 : hydrogramme de crue de l'Artière au niveau de l'agglomération Clermontoise

3.4. Vitesses de propagation et concomitance des crues de l'Allier et de ses affluents

La vitesse de propagation correspond au temps de parcours de la pointe de la crue. C'est une notion fondamentale pour la prévision des crues car cela permet de connaitre le temps disponible pour mettre en place l'alerte en cas de crise.

La notion de concomitance correspond à la probabilité que les pointes de crues arrivent en même temps à une confluence.

Ces notions sont très complexes car elles varient en fonction de chaque événement pluvieux observé. L'événement de référence de 1866 sert donc de base à l'analyse.

3.4.1 Vitesse de propagation des crues de l'Allier

Il s'agit du temps nécessaire à la pointe de la crue pour parcourir une distance d'amont en aval.

On recense 3 types de crues:

- Les crues cévenoles qui sont centrés sur l'extrémité amont du bassin versant et s'atténuent progressivement de l'amont vers l'aval. L'atténuation est surtout sensible à l'aval de Vielle Brioude. Ces crues ont une vitesse ascensionnelle très importante due

au caractère violent des précipitations combiné au relief marqué par de forte pente sur la partie amont du bassin versant.

- Au contraire les crues océaniques croissent de l'amont vers l'aval. Le niveau d'eau monte et descend beaucoup plus lentement que pour les crues cévenoles. Ces crues se produisent souvent au printemps,

- Les crues mixtes croisent de Langogne à Vielle Brioude. Puis en aval leur hauteur diminue plus ou moins vite suivant l'importance des précipitations d'origine océanique et les éventuelles concomitances des pointes des hydrogrammes.

Du fait des nombreux paramètres climatiques, hydrauliques et géographiques, les temps de réponse et les vitesses de propagation des pointes des crues sont très différentes pour chaque événement observé et sont donc difficiles à prévoir en temps réel.

Le rejeu des crues de 2003 et 2008 sur le logiciel Pacha V2 du SPC Allier montre qu'il est même très délicat de retrouver les temps de propagation sur une crue observée (voir Note diagnostic 1-2 prévention).

La carte ci-après présente pour exemple une reconstitution de la propagation de la crue de 1866, cela montre qu'en fonction des tronçons, la vitesse de la pointe est variable. La concomitance de la pointe de la Dore et de l'Allier peut par exemple expliquer la brusque accélération sur le tronçon à l'aval de la confluence Dore/Allier.

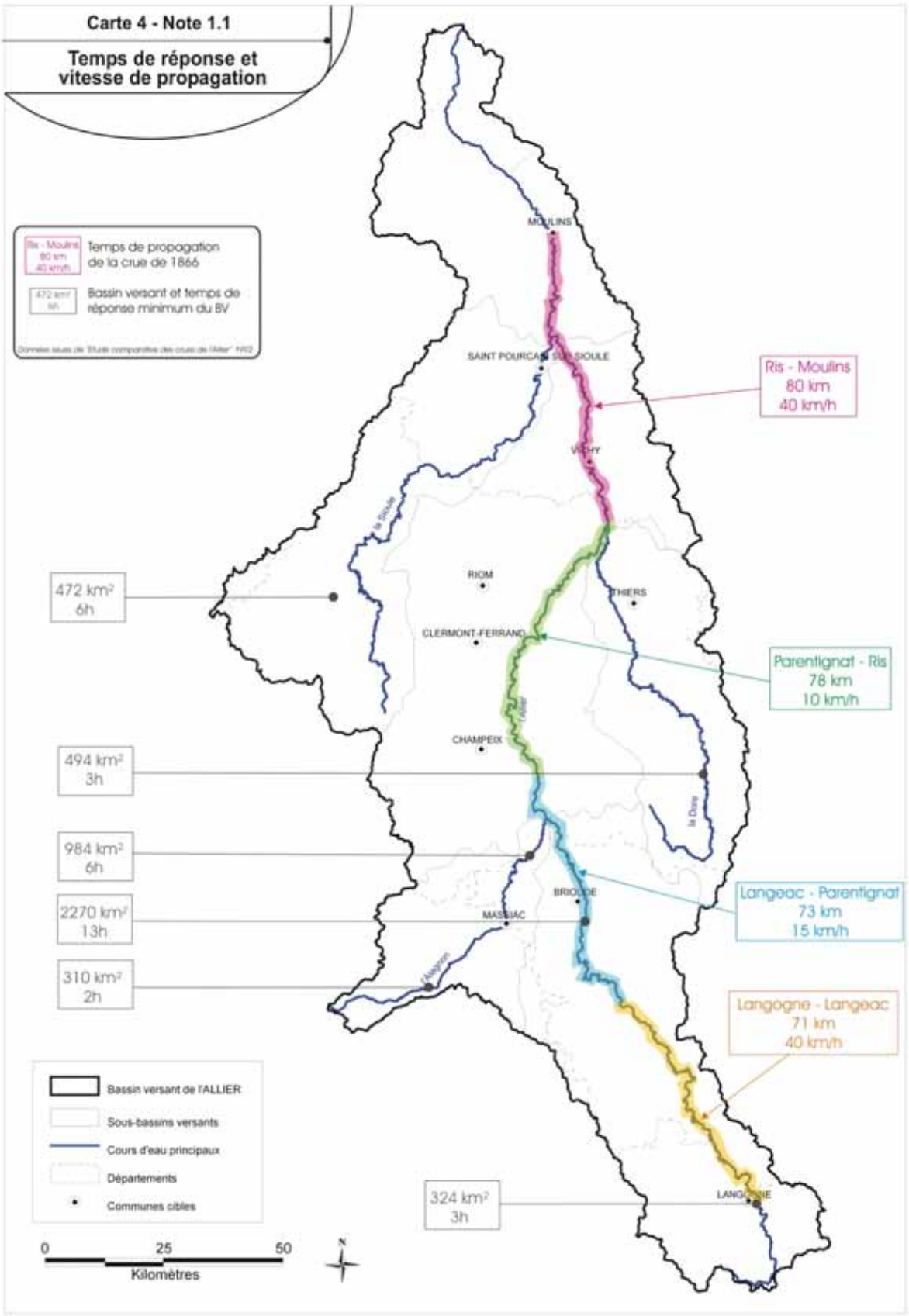

Fig. 16 : temps de réponse et vitesse de propagation

3.4.2 Concomitance des crues de l'Allier et de ses affluents

La reconstitution hydrologique de la crue de 1866 réalisée en 2010 par le Laboratoire des Ponts et Chaussées de Clermont Ferrand permet de mettre en évidence le décalage entre les pointes des crues de l'Allier et de ses affluents.

Tab 5 : mise en évidence du décalage entre les pointes des crues de l'Allier et de ses affluents

Rivière	Station	Observation
Allier	**Langogne**	
Langouyrou	**Langogne**	Concomitance observée, pour l'Allier et le Langouyrou, montée brutale pour les 2 cours d'eau
Allier	**Lamothe**	
Alagnon	**Babory**	Décalage de 13 h
Allier	**Parentignat**	
Couze Chambon	**Coudes**	Décalage de 21 h 30
Allier	**Pont du Château**	
Dore	**Ambert**	Décalage de 12 h
Allier	**Ris (aval Dore)**	
Sioule	**Pontgibaud**	Décalage de plus de 24h mais cette station est très amont, aucune station sur le Sioule aval
Allier	**Moulins**	
Allier	**Le Veurdre**	
Allier	**Le Guétin**	Cote influencée par le remous de la Loire, elle aussi en crue

Compte tenu de leur différence de taille et de situation géographie, les concomitances entre les crues de l'Allier et ses affluents sont donc peu probables, hormis avec le Langouyrou qui possède un bassin versant similaire et proche de l'Allier amont. Néanmoins certains événements climatiques particuliers, comme par exemple une descente de la dépression depuis l'amont vers l'aval, pourrait provoquer une concomitance des pointes.

La reconstitution de la crue de 1866 montre également que des doubles pics ont été observés sur certains affluents comme la Couze Pavin. Le graphe suivant représente une partie de la reconstitution du limnigramme de la crue de 1866 sur la Couze Pavin.

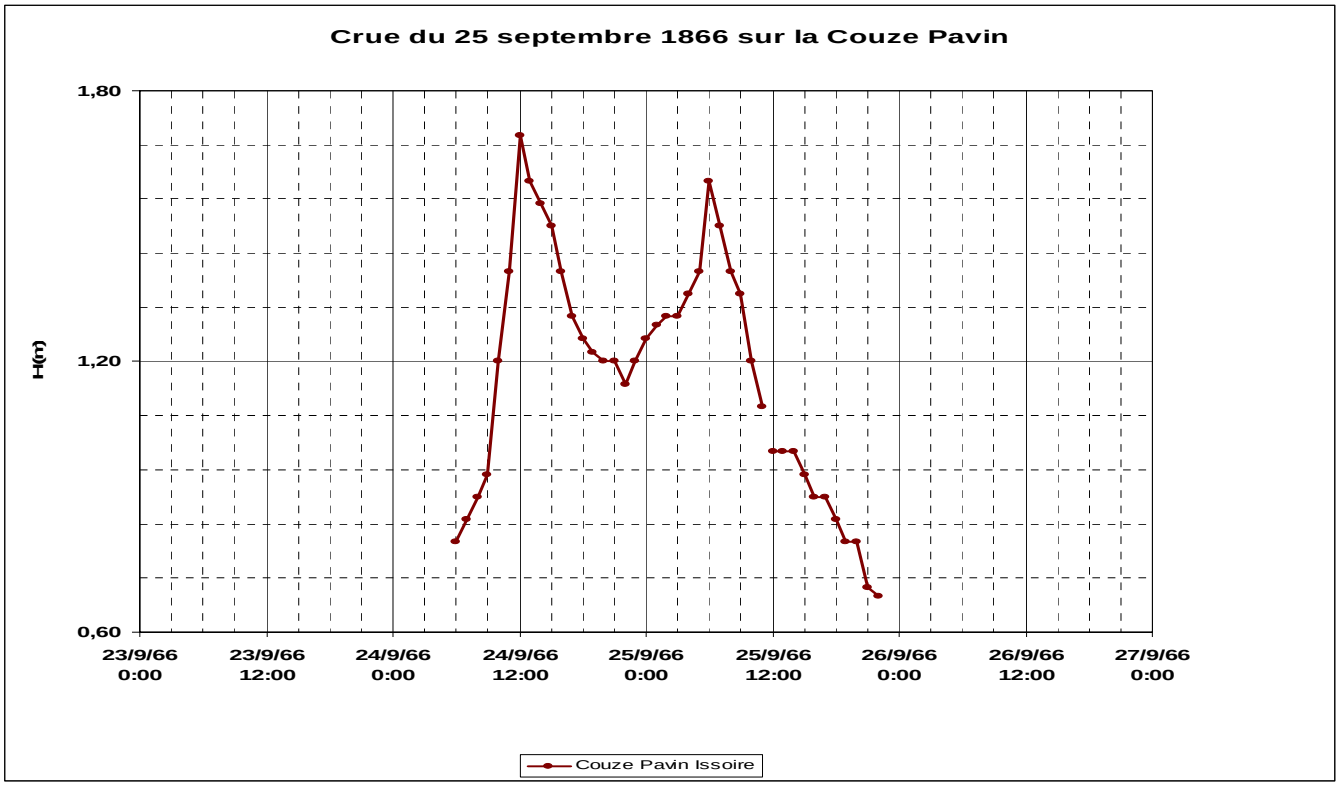

Fig. 17 : crue du 25 septembre 1866 sur la Couze Pavin

3.5. Impact du réchauffement climatique sur les crues

L'Université François Rabelais de Tours travaille actuellement en collaboration avec l'établissement Public Loire sur le projet ICC-HYDROQUAL (Impact du Changement Climatique sur l'hydrosystème Loire : HYDROlogie, régime thermique, QUALité) qui étudie l'impact du changement climatique sur l'hydrologie de la Loire et de ses affluents : .

Huit stations hydrométriques servent de référence sur le bassin versant de l'ALLIER. Au mois de juin 2010, les premières conclusions ont montré que l'influence du changement climatique sur l'intensité des crues de l'Allier est a priori très faible. Il n'y aurait donc pas d'impact notable sur l'emprise des zones inondables.

En revanche, il est envisageable que le réchauffement climatique puisse modifier la saisonnalité des crues de la rivière Allier. Ces travaux sont cours en 2010-2011 dans le cadre du projet ICC-HYDROQUAL.

Par ailleurs, une analyse historique récente a été menée par le Laboratoire es Ponts et Chaussées de Clermont Ferrand, à partir des crues historiques aux événements supérieurs à 3.00 m ou 422 m^3/s à Vieille Brioude sur la période 1846-2009.

Plus de 60 crues de l'Allier ont été répertoriées en 150 ans.

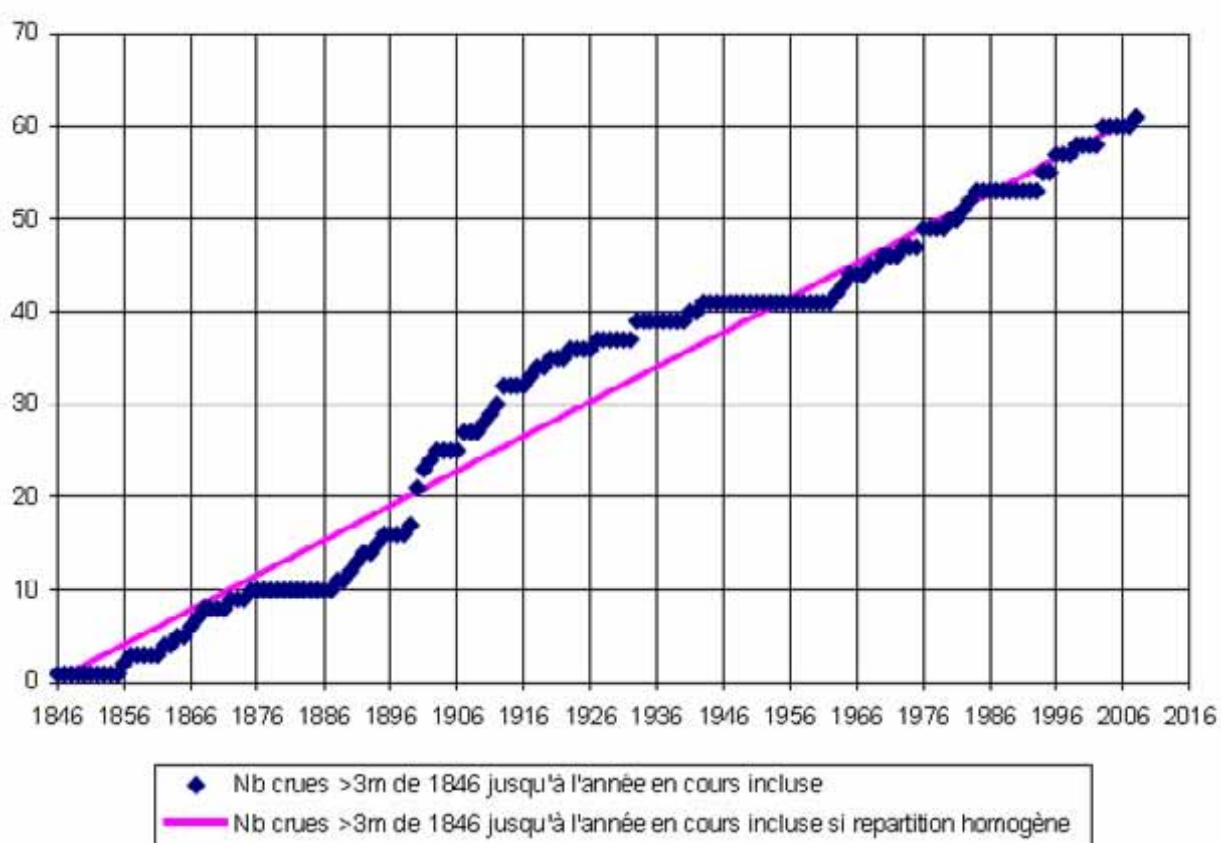

Fig. 18 : l'Allier à Vieille Brioude - répartition du nombrede crues supérieures à 3m depuis 1846

Cette analyse montre que la répartition des crues semble relativement régulière depuis 1846 ans et ne permet pas une observation de changement singulier ces 30 dernières années et de corrélation avec le réchauffement climatique observé au 20ème siècle.

3.6. Influence des grands ouvrages sur les crues

L'Allier est un cours d'eau très peu aménagé. Il existe néanmoins 6 grands barrages qui interceptent les eaux de surface pour la production d'hydroélectricité, le soutien d'étiage et les loisirs. Aucun de ces ouvrages n'a vocation à écrêter les crues.

Les consignes de crues de ces ouvrages sont déterminées en liaison avec l'autorité de tutelle (Préfet du département concerné - DREAL) : il s'agit d'assurer la sécurité de l'ouvrage en évitant tout risque de submersion et de restituer à l'aval les débits entrants en crue sans jamais les majorer.

Les principales caractéristiques des 6 grands ouvrages sont les suivantes.

Tab. 6 : principales caractéristiques des 6 principaux ouvrages hydrauliques présents sur le bassin de l'Allier

Gestionnaire	nom	rivière	volume (Mm³)	Bassin versant contrôlé	fonction principale
Électricité de France	Poutès Monistrol	Allier	2,4	550 km² (3% bassin versant)	électricité
Syndicat Mixte d'aménagement de la Haute Morge	Bge du Sep	Morge	5	27 km² (0.2% bassin versant)	Soutien d'étiage
Électricité de France	bge de Fades-Besserve bge de Queuille	Sioulet-Sioule	69	1200 km² (8% bassin versant)	électricité
Électricité de France	Sauviat Miodet	Miodet-Dore	0,5	100 km² (0.7% bassin versant)	Electricité et soutien d'étiage
Établissement public Loire	Naussac Donozeau	Allier	190	30 km² (0.2% bassin versant)	Soutien d'étiage
Ville de Vichy	Barrage de Vichy	Allier	0*(*)*	9 000 km² (64% bassin versant)	Loisirs-

(*) Barrage inexistant en crue (clapets mobiles abaissés)

En dehors des crues, des variations de niveaux liées à la gestion des ouvrages sont possibles à l'aval; ces éléments ne font pas l'objet d'une surveillance ou d'une information assurée par le SPC.

Pour avoir une influence significative sur les crues de l'ALLIER, le barrage doit remplir 3 conditions :

- Interception d'un bassin versant de taille suffisante en proportion du bassin versant global sinon l'influence de l'ouvrage reste localisée à l'aval immédiat,

- Volume de stockage disponible suffisant pour permettre l'écrêtement de la pointe de la crue ; il s'agit d'un volume sec disponible avant l'arrivée de la crue, il doit être d'un ordre de grandeur comparable avec l'hydrogramme de crue d'entrée,
- Gestion des organes hydrauliques et consignes de surverse adaptées à une fonction de régulation de la pointe de la crue. Ce type de gestion nécessite l'abandon permanent ou provisoire des fonctions hydroélectriques et de soutien d'étiage

Aucun des 6 grands ouvrages ne satisfont les 3 conditions à la fois.

Les 4 barrages de Vichy, Naussac, du Sep et de Sauviat ne satisfont même aucune des conditions et ils n'ont absolument aucune influence sur les crues de l'Allier.

Les barrages de Poutés Monistrol et des Fades-Besserve ont une très légère influence sur les hydrogrammes de crue.

Poutés Monistrol peut permettre dans certaine condition de remplissage et de crues un ralentissement de la propagation de l'hydrogramme,

Dans certaines circonstances (grande capacité de l'ouvrage et niveau initial de la retenue très bas), le barrage des Fades-Besserve peut jouer un rôle d'écrêtement partiel d'une crue sur la Sioule en stockant tout ou partie du volume de cette crue. Cet écrêtement n'a lieu que pour les crues courantes et l'écrêtement n'est que partiel, il peut donc contribuer à accentuer la brutalité de l'arrivée de la pointe de la crue à l'aval.

Le barrage des Fades-Besserve est néanmoins le seul grand ouvrage sur le bassin versant de l'Allier qui possède à la fois un volume conséquent (>10 M m^3) et qui intercepte une part non négligeable du bassin versant (>5%). Néanmoins, la gestion de ce barrage n'est pas compatible avec une fonction d'écrêtement de crue qui dégraderait fortement son efficacité en matière de soutien d'étiage et de production d'électricité.

On note enfin que les 2 grands barrages de Naussac et de Fades-Besserve sont dotés d'un PPI (Plan Particulier d'Intervention) et que le barrage de Naussac fait l'objet en 2010 d'une étude de la propagation de l'onde de submersion du barrage qui permettra de caractériser les zones submersibles en cas de rupture.

Fig. 19 : photo du barrage de Vichy avec clapets abaissés

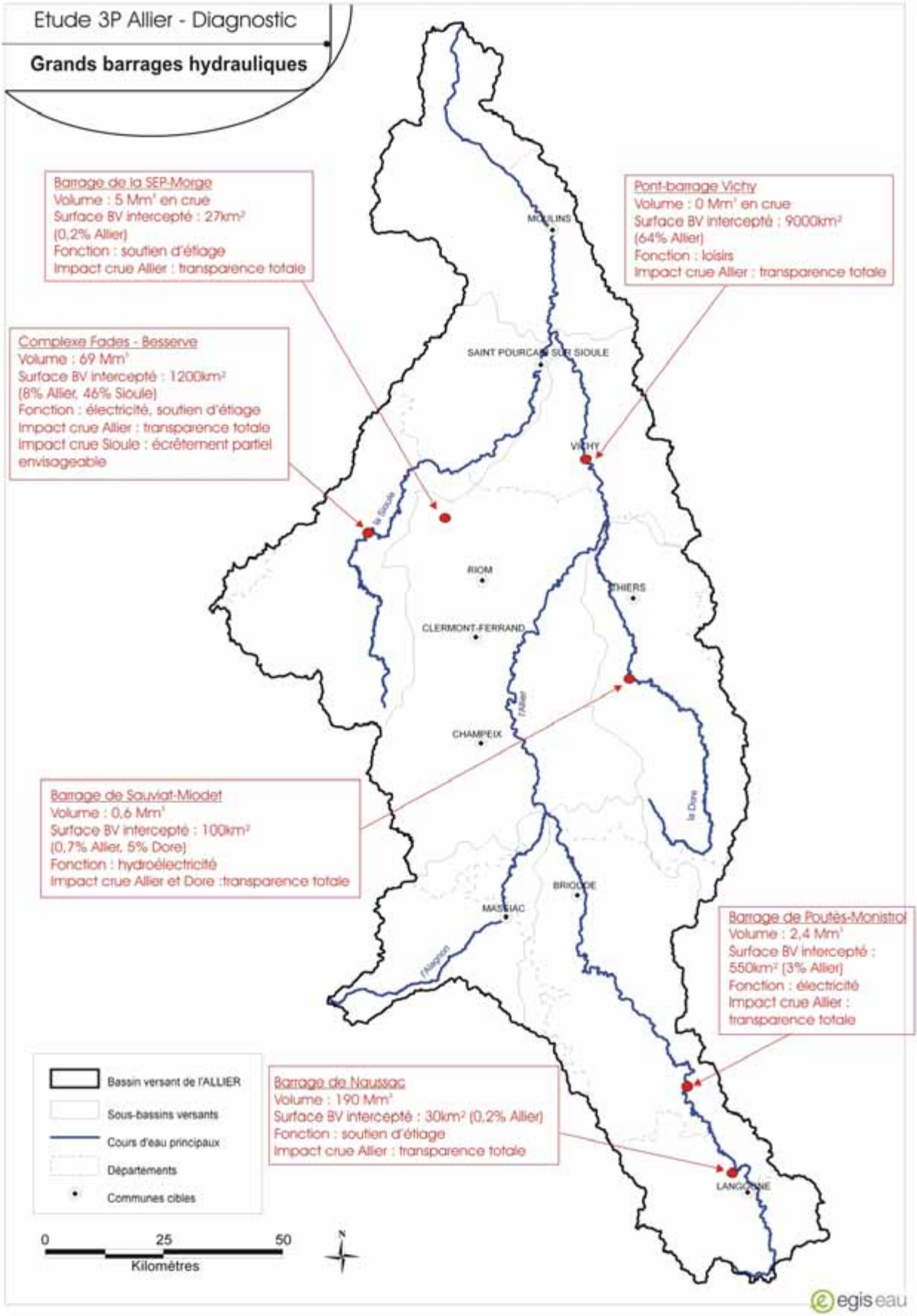

Fig. 20 : carte de situation des grands ouvrages hydrauliques et leurs caractéristiques

4. ANALYSE HYDRAULIQUE- DIRECTIVE INONDATION

L'analyse hydraulique de l'Allier a été réalisée suivant le canevas ci-dessous :

- intégration des principes de la Directive Inondation,
- étude bibliographique et cartographique exhaustive et en particulier des PPRI existants sur la rivière Allier,
- recueil des données des cartographies de l'Allier et de ses principaux affluents,
- synthèse des zones inondables et principales caractéristiques des inondations.

Les grands principes de la Directive Inondation constituent un cadre structurant pour la mise en œuvre de l'étude 3P Allier et en particulier des hypothèses hydrauliques permettant de définir les cartographies des zones inondables. Il est donc nécessaire de bien comprendre au préalable les objectifs de la directive inondation pour rendre cohérent et lisible le diagnostic hydraulique de l'étude 3 P Allier.

4.1. Rappel de la Directive inondation

L'objectif de cette directive est d'aider les États européens membres à prévenir et à limiter les inondations et leurs conséquences néfastes pour la santé humaine, l'environnement, les infrastructures et les biens. La mise en œuvre de la directive va ainsi permettre de rénover et de réorganiser l'approche actuelle de la prévention des inondations, en tenant compte de la compétitivité économique et de l'attractivité des territoires exposés directement ou indirectement aux inondations ainsi que de l'impact des effets du changement climatique.

Cette Directive Inondation doit permettre de passer d'une « politique » juxtaposant des outils réglementaires, sans vision partagée de l'exposition face à l'inondation, à une «stratégie » nationale permettant d'impulser et de prioriser des plans d'action localement.

La Directive Inondation prévoit d'évaluer les risques d'inondation dans les bassins hydrographiques, de cartographier les risques d'inondation dans toutes les régions où il existe un risque important d'inondation et de produire des plans de gestion des risques d'inondation qui soient le résultat d'une coopération et d'une participation large entre les États membres.

Concrètement, cette directive se traduit par 3 étapes :

- ETAPE 1 : Évaluation préliminaire des risques d'inondation qui devra être achevées au 22/12/2011 (Description des inondations historiques, évaluation des conséquences négatives comme le changement climatique et l'occupation des sols),
- ETAPE 2 : Réalisation d'une cartographie des cartes de zones inondables par districts hydrographiques servant à identifier les zones à risques devront être achevées au 22/12/2013.
- ETAPE 3 : Détermination de plans de gestion des risques d'inondation qui devront être achevées au – 22/12/2015 pour les territoires à risques d'inondation importants, sur base cartographie

Pour l'étape 1: cette étape se base sur à la fois les données concernant les crues historiques, les dégâts observés et une analyse prospective de l'aléa (impact anthropique et naturel) et de la vulnérabilité.

Pour l'étape 2 (Horizon 2013) : Les cartes suivantes devront être élaborées:

- a) crue de faible probabilité ou scénarios d'événements extrêmes;
- b) crue de probabilité moyenne (période de retour probable supérieure ou égale à cent ans);
- c) crue de forte probabilité, le cas échéant.

Pour chacun des scénarios les cartes des risques d'inondation devront faire apparaître les éléments suivants :

- a) le nombre indicatif d'habitants potentiellement touchés;
- b) les types d'activités économiques dans la zone potentiellement touchée;
- c) les installations IPPC ;
- d) les autres informations que l'État membre juge utiles.

Enfin l'étape 3 (Horizon 2015) va permettre de définir des plans de gestion des risques d'inondation à l'échelle de l'unité hydrographique Loire-Bretagne. Ces plans intégreront tous les aspects de la gestion des risques d'inondation, notamment prévention, protection et préparation (y compris prévision et systèmes d'alerte précoce).

4.2. Intégration de la Directive inondation

Il s'agit donc d'inscrire l'étude 3P Allier dans une démarche cohérente avec la Directive Inondation pour le bassin de l'Allier.

ETAPE 1 : Évaluation préliminaire des risques d'inondation

Etapes de la DI		**Analyses des données existantes**	**Transcription étude 3 P ALLIER**
Etape 1 : Évaluation préliminaire des risques d'inondation	Description des inondations historiques	Recensement des laisses de crues	Notes 1.1 et 1-2: diagnostic hydrologique et hydraulique
		Recensement et évaluation des Dégâts et arrêtés de catastrophes naturelles	Note 1.4 : évaluation socio-économique
Etape 1 : Évaluation préliminaire des risques d'inondation	Evaluation des conséquences négatives	Impact de l'occupation des sols et des changements ou évolutions climatiques	Notes 1.1 et 1-2: diagnostic hydrologique et hydraulique
		Impact des grands aménagements anthropiques	Notes 1.1 , 1-2 et 1-5: diagnostic hydrologique et hydraulique et diagnostic environnemental
Etape 1 : Évaluation préliminaire des risques d'inondation	Sélection des territoires à risques d'inondation importants	Croisement des informations historiques et prospectives	Note 1.4 : évaluation socio-économique

ETAPE 2 : Réalisation d'une cartographie des cartes de zones inondables

Cette étape concerne toutes les phases du diagnostic de l'étude 3P Allier.

Les cartes de zones inondables sont en effet utiles pour comprendre le fonctionnement hydraulique des crues de l'Allier et de ses affluents (Notes 1-1 et 1-2), la couverture réglementaire des PPRI (Notes 1-3), la définition des zones à risques prioritaires (Notes 1-4) et les enjeux environnementaux en zones inondables (Notes 1-5).

La principale difficulté : s'entendre sur les 3 scénarios extrêmes, moyen et fréquence plus forte. Puis il sera alors possible de les cartographier.

Pour l'Allier, on retranscrit la terminologie de la Directive inondation de la manière suivante :

- Crue « de faible probabilité » ou scénarios d'évènements extrêmes : Sur l'aire d'étude, seule approche envisageable. L'utilisation de l'enveloppe définie par l'atlas hydrogéomorphologique : « lit majeur » au sens de l'analyse hydrgéomorphologique.

- Crue « moyenne » selon la Directive, cette crue correspond à la crue d'occurrence centennale.
  - Sur l'aire d'étude, les crues historiques qui servent de référence pour les PPRi sont regardées comme centennales. L'Axe Allier est pratiquement couvert par ce type d'information cartographique issue des PPRi

- Crue de fréquence plus forte que la centennale
  - Cette crue est importante pour le calcul des coûts moyens annuels ; en théorie, il faudrait disposer de l'enveloppe de la crue provoquant les premiers dommages (donc très variable d'un tronçon à l'autre). Pour l'heure, on ne dispose que de très peu d'information pour cette crue sur le bassin versant de l'Allier; l'enveloppe du lit moyen tel que définie par l'hydrogéomorphologie ne peut être retenue (signification fonctionnelle et non en terme de fréquence d'inondation). Seuls quelques tronçons d'Allier ont fait l'objet d'une cartographie de type décennale validée. En absence d'un minimum d'exhaustivité, cette crue de forte probabilité est impossible à utiliser.

Il est important de noter que, pour la directive inondation, on est dans une approche «probabiliste» commune dans les pays anglo-saxons, où le risque n'est pas le croisement d'un aléa (de probabilité d'apparition donnée) et d'une vulnérabilité comme nous l'entendons en France couramment, mais le croisement d'une probabilité avec un risque. La différence est surtout sensible dans le mode de cartographie des risques qui diffère alors fortement. Cette nuance explique la nécessité du diagnostic socio-économique de l'étude 3P.

ETAPE 3 : Détermination de plans de gestion des risques d'inondation : Le volet 2 de l'étude 3 P

La phase 2 « définition du programme de gestion et d'action » de l'étude 3 P Allier permet de préciser les lacunes et les besoins dans le domaine de la prévention, de la prévision et de la protection contre les inondations de l'Allier et de ses affluents. Cette phase permet donc de définir le cadre de l'étape 3 du plan de gestion des risques d'inondation de la Directive inondation.

Il est noté dans la Directive inondation que les plans de gestion devraient mettre l'accent sur la prévention, la protection et la préparation. Ils devraient pouvoir envisager de donner plus

d'espace aux rivières en maintenant et/ou restaurant les plaines d'inondation lorsque c'est possible et en prévenant les conséquences négatives pour la santé humaine (et pas seulement la vie), l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique. La révision des plans de gestion devrait intervenir à intervalle régulier pour si nécessaire prendre en compte l'effet probable des changements climatiques.

Les plans de la Directive inondation s'appuient donc sur le triptyque prévention, protection et préparation et ne privilégient pas la protection qui sera par contre aborder dans la phase 2 de l'étude 3P Allier.

4.3. Bilan et principes de la Directive Inondation et de l'étude 3P Allier

On note que les principes de la Directive inondation et à fortiori de l'étude 3P Allier sont les suivant:

- Il s'agit de définir un cadre pour évaluer et gérer les risques découlant des inondations : L'objectif est donc de réduire les conséquences négatives, ce qui veut dire qu'on les aura tout d'abord identifiées,
- La directive se préoccupe des risques de dommages provoqués par les inondations : l'évaluation socio-économique est donc primordiale,
- la crue centennale est une crue « moyenne »,
- Les cartes sont un outil de partage de l'information, qui va permettre de fixer les priorités à l'échelle du bassin versant,
- Compte tenu des échéances et de la dimension territoriale des unités géographiques, il est nécessaire d'exploiter les données déjà disponibles ou facilement mobilisables, sans étude technique complexe,
- Les principes de solidarité et responsabilité sont mis en avant, la solidarité amont – aval et la bonne gouvernance face aux risques inondations sont fondamentales pour la pérennité des plans de gestion,
- La communication, la concertation et la sensibilisation du public sont essentielles pour responsabiliser les différents acteurs. On va au-delà des obligations réglementaires actuelles, pour communiquer sur le risque et obtenir la participation du public.
- Tout ce qui touche à la santé (perte de vie humaine mais aussi risque de pollution) est mis en premier. Alors que les démarches françaises actuelles ne s'en préoccupent pas toujours clairement.
- Les plans de gestion permettent de définir des objectifs visés et des actions à entreprendre, qui s'inscrivent dans l'attente française de la définition partagée du « risque acceptable »,
- Des indicateurs de suivi devront être mis en place pour mesurer l'impact et faire évoluer les plans de gestion. Il faut indiquer comment on va mesurer les progrès réalisés : ce qui veut donc dire de disposer d'outils de mesures et de personnes qui les exploiteront régulièrement. Le choix des actions ou mesures à mettre en œuvre n'est pas neutre vis-à-vis des possibilités de suivi.

4.4. Emprises des zones inondables

L'ensemble des cartographies de zones inondables validées sur le bassin versant ont été répertoriés sur la carte ci-avant. Ces données cartographiques sont issues des services des DREAL Auvergne, Centre, Languedoc Roussillon et Bourgogne complétées et actualisées par les données cartographiques de l'ensemble des Direction des Territoires de chaque département.

On recense 2 types d'information cartographique :

- Les Atlas de zone inondable qui permettent un porté à connaissance de l'aléa inondation,
- Les zonages réglementaires qui sont associées à des documents réglementaires comme les Plan de Prévention Risques Inondation (PPRI).

Ces données ont fait l'objet d'une validation technique des services de l'Etat.

Les 5 DREAL du bassin versant de l'Allier ont réalisé des atlas régionaux inondation sur l'Allier et les principaux cours d'eau du bassin versant. Ils sont tous basés sur une analyse hydro géomorphologique. Ces atlas doivent être portés à connaissance.

Les 7 DDT de département ont réalisé pour certaines communes des cartographies des zones inondables dans le cadre de documents réglementaires. 192 communes sur le bassin versant de l'Allier sont concernées par ces zonages cartographiques. Les méthodes de définition de ces cartes de zones inondables sont très variables.

La liste par département des cartographies issues de zonage réglementaire est fournie en annexe en précisant :

- les communes concernées :,
- les cours d'eau responsables des inondations cartographiées,
- la date de réalisation des cartographies de zones inondables,
- les méthodes utilisées pour réaliser la cartographie des zones inondables,
- les éventuelles crues de références utilisées.

La carte ci-après correspond à l'état d'avancement au mois de mai 2010 de l'ensemble des données cartographiques inondation sur le bassin versant.

Ces données au mois de mai 2010 sont toutes fournies sous format SIG.

Les cartographies de zone inondable sont en effet régulièrement complétées, actualisées et corrigées par les services de l'Etat.

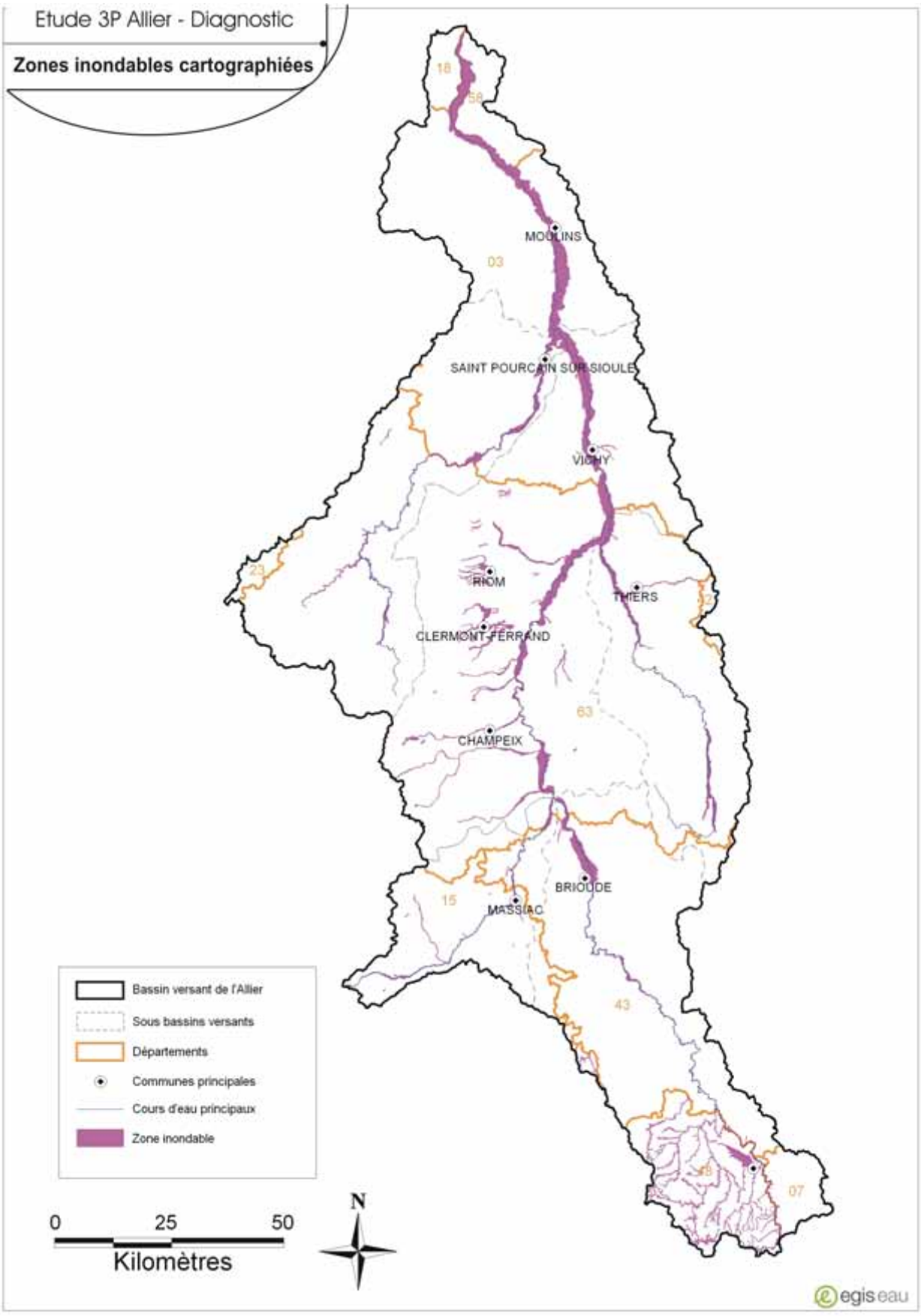

Fig. 21 : zones inodnables cartographiées

Sur 550 km2 de zone inondable identifiée à ce jour sur l'ensemble du bassin versant de l'Allier, la répartition par département est la suivante :

- 1/3 dans le département de l'Allier correspondant quasiment exclusivement aux zones inondables de la rivière Allier et de la Sioule,

- 1/3 dans le département du Puy-de-Dôme correspondant pour moitié à la rivière Allier et pour moitié aux affluents principaux (Dore, Sioule et Alagnon) et secondaires (notamment Durolle, Couzes, Veyre, Ambène, Artière, Bedat, Tiretaine),

- 1/3 dans les 5 autres départements périphériques : Haute-Loire, Lozère, Nièvre, Cher et Cantal. Les 4 premiers sont concernés en très grande partie par la rivière Allier. Le Cantal est concerné par la rivière Alagnon et ses affluents.

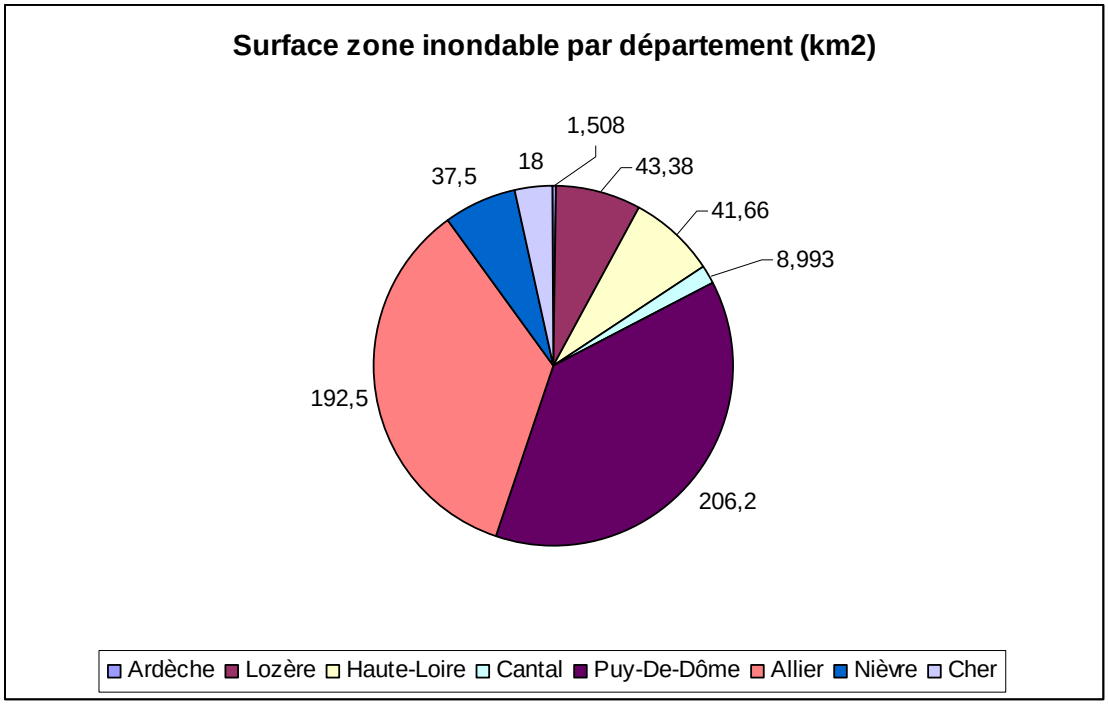

Fig. 22 : surface de zone inondable par département

Les principaux compléments en cours (2010 -2011) concernant la cartographie des zones inondables sont :

- La prescription en juin 2010 d'une cartographie réglementaire associé à un Plan de Prévention Risques Inondation (PPRI) sur l'Allier à Langogne et sur 8 communes du département de la Lozère (DDT 43),
- L'actualisation des cartographies de l'Allier dans le département du Puy de dôme par une modélisation hydraulique (DREAL Auvergne).

Sur l'agglomération Clermontoise, il existe 2 documents cartographiques différents pour définir les zones inondables:

- La cartographie du zonage réglementaire du Plan de Prévention Risques Inondation réalisé par les services de l'Etat
- Une étude hydraulique de cartographie du risque réalisée par Clermont Communauté.

On constate un écart de 30 % environ entre les superficies de zone inondable évaluées respectivement par chacune des deux méthodes. Ces différences concernent 5 cours d'eau qui traversent l'agglomération clermontoise.

Tab. 7 : écart entre les superficies de zone inondable évaluées respectivement par les différentes méthodes sur l'agglomération clermontoise

Bassin versant	Surface inondée cartographie agglo 2001	Surface en +/- 2001/1995
BEDAT	101 ha	- 4 ha
SECTEUR LA PLAINE	263 ha	- 150 ha
TIRETAINE NORD	210 ha	+ 61 ha
TIRETAINE SUD	107 ha	- 37 ha
ARTIERE	293 ha	- 10 ha
Total	974 ha	- 140 ha

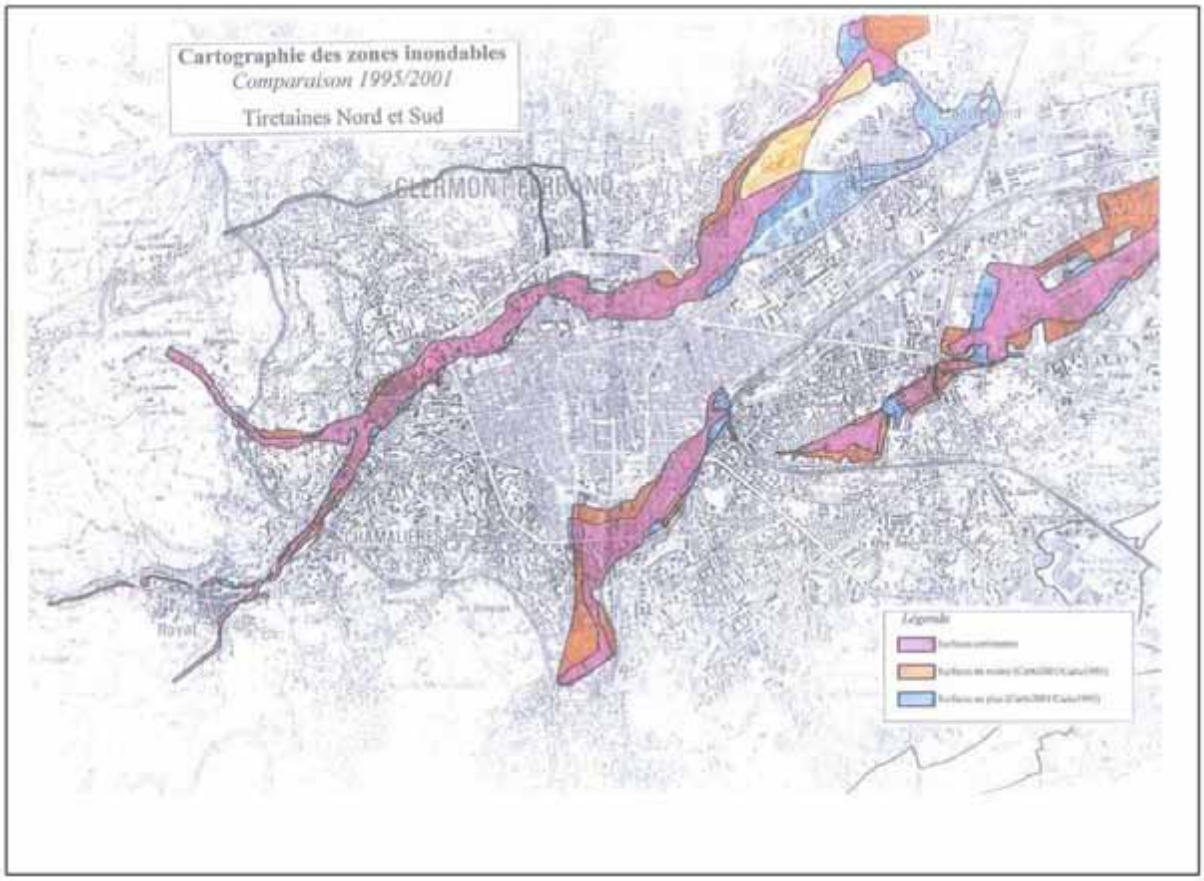

Fig. 23 : écart entre les superficies de zone inondable évaluées respectivement par les différentes méthodes sur l'agglomération clermontoise

4.5. Des méthodes d'estimation des zones inondables variables

Pour définir les inondations et leur emprise, ils existent 3 types de méthodes disponibles :

- les études historiques,
- les modélisations hydrauliques,
- l'approche hydrogéomorphologique.

Chaque méthode représente une manière différente d'aborder le risque inondation et possède de ce fait ses propres atouts et limites.

Ces trois méthodes sont complémentaires et peuvent s'articuler les unes avec les autres pour fournir une meilleure connaissance des inondations.

La liste par départements et par communes des cartographies est fournie en annexe en précisant :

- Les méthodes utilisées pour réaliser la cartographie des zones inondables,
- Les éventuelles crues de références utilisées.

1.1.3 L'étude des crues historiques

L'analyse historique est une approche essentiellement littéraire : elle consiste à recenser toutes les données disponibles sur les inondations passées à partir de différentes sources :

- les relevés des plus hautes eaux à chaque crue et des Plus Hautes Eaux Connues (PHEC),
- les limites des différentes crues historiques qui existent,
- les bases documentaires type monographies régionales,
- les archives journalistiques (presse locale, régionale ou nationale),
- les recherches auprès des Archives départementales et communales,
- les enquêtes terrain à partir d'un questionnaire type adressé aux communes,
- les enquêtes auprès des riverains : elles peuvent localement donner des informations sur l'emprise des zones inondées et leurs manifestations (hauteur d'eau, dégâts,…).

L'approche historique obtient des résultats très parlants. En rappelant les évènements passés, elle permet de raviver la mémoire du risque des riverains et leur facilite l'appropriation de ces crues.

Sur le bassin versant de l'Allier, les crues historiques de référence sont trop lointaines ou pas assez importantes. Cette méthode n'a pas donc pas été utilisée strictement.

Par contre les données historiques ont servi au calage pour les 2 autres méthodes ci-après.

1.1.4 Les modélisations hydrauliques

L'hydraulique fluviale est une science qui s'attache à comprendre et formaliser les écoulements des cours d'eau, qualitativement, puis quantitativement par des formules mathématiques.

Cette méthode s'est longtemps imposée comme le principal moyen de détermination des zones inondables.

Son principe consiste à essayer de reproduire une crue donnée en fonction d'un certain nombre de paramètres qui permettent de représenter d'une manière simplifiée la réalité complexe du terrain et du fonctionnement des cours d'eau.

Sa mise en œuvre repose sur les étapes suivantes :

- analyse hydrologique Définir des hydrogrammes de crue, des couples débits/ fréquence pour une série d'événements de référence
- topographie Acquérir de la donnée pour décrire la topographie du terrain et des ouvrages.
    - • Levés topographiques de la plaine alluviale
    - • Levés de la géométrie des ouvrages et aménagements
- analyse du fonctionnement hydraulique. Acquérir une bonne connaissance du fonctionnement qu'il s'agit de reproduire :
    - • Analyse du régime d'écoulement
    - • Analyse de la rugosité liée à l'occupation du sol
    - • Analyse des fonctionnements spécifiques en crue (axe de crue, recoupement de méandre...), du comportement des ouvrages.
- calcul et transcription cartographique : Déterminer l'emprise et les paramètres hauteur/vitesse d'une crue de fréquence donnée• Construction d'un modèle numérique : intégration des données topographiques et hydrologiques
- simulation pour différents événements hydrologiques de références et différentes configurations
- exploitation du modèle (comparaison de plusieurs simulations) et définition des hauteurs d'eau et des vitesses par profils ou casiers
- cartographie

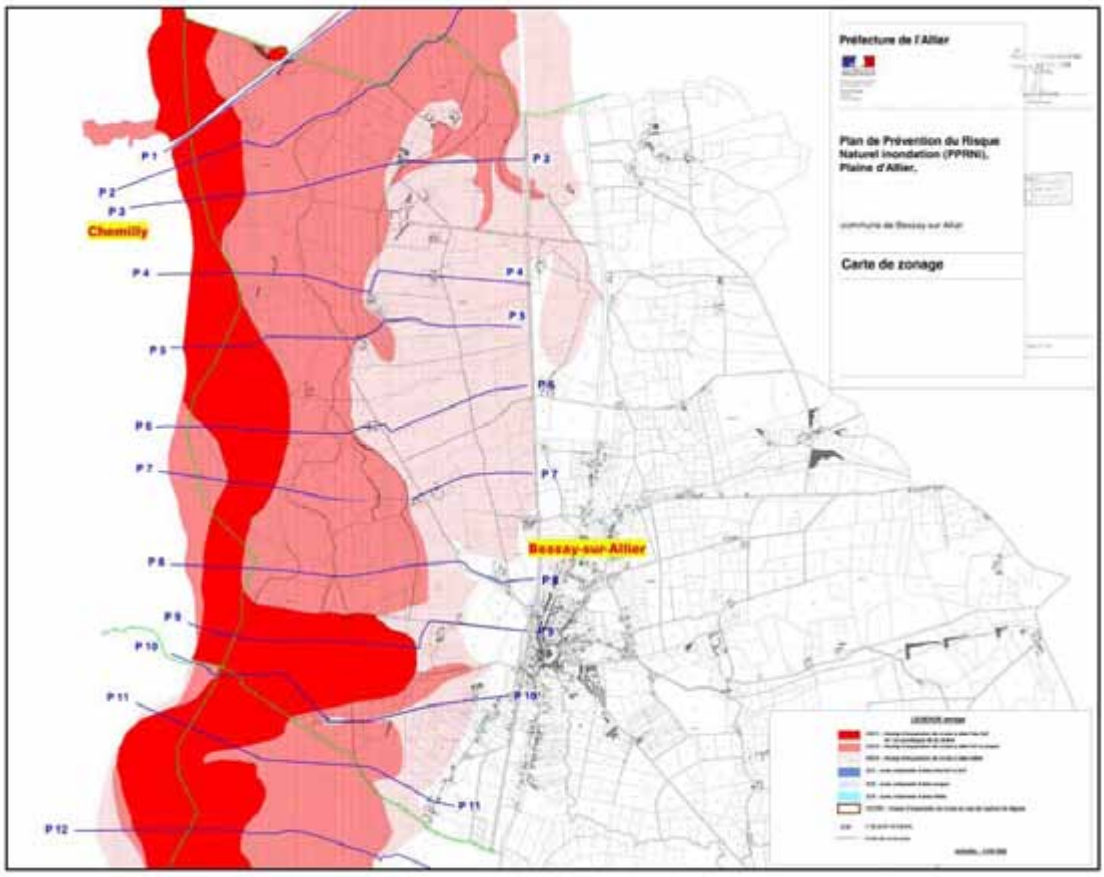

Fig. 24 : exemple de cartographie de zones inondables par modélisation hydraulique- axe Allier - Département de l'Allier

Les atouts de la modélisation hydraulique sont donc :

- une quantification des principaux paramètres hydrauliques : hauteurs, vitesses et durées de submersion,
- une prise en compte des aménagements,
- l'étude des différentes occurrences de crue.

Mais la modélisation hydraulique est basée sur des hypothèses simplificatrices introduisant des marges d'erreur qui peuvent se cumuler, par exemple :

- imprécision des données topographiques,
- hypothèses simplificatrices sur les données géométriques : difficultés à déterminer et prendre en compte les modifications internes de la géométrie du lit mineur pendant la crue ou ses divagations dans la plaine alluviale,
- hypothèses simplificatrices sur le comportement des ouvrages,
- faible représentativité des chroniques hydrologiques, souvent trop courtes par rapport aux crues exceptionnelles étudiées,
- difficultés à intégrer le transport solide.

Un modèle hydraulique nécessite donc d'être calé sur des données récentes de crue historique (repères de crue par exemple)

La modélisation hydraulique ne fournit qu'une enveloppe pour une crue d'occurrence donnée et ne détermine pas la limite maximale de la plaine alluviale façonnée par les cours d'eau.

Enfin, la modélisation hydraulique est une méthode coûteuse et complexe à mettre en place. Le cout dépend du type de modélisation envisagé :

- l'analyse hydraulique filaire en régime permanent qui est basée sur une modélisation topographique de la rivière sous forme de profils en travers avec la simulation du passage d'un débit de référence qui est d'une durée infinie,

- l'analyse hydraulique filaire en régime transitoire qui est basée sur une modélisation topographique de la rivière sous forme de profils en travers avec la simulation d'un hydrogramme de débit de référence qui a une durée finie,

- l'analyse hydraulique à casiers qui est basée sur une modélisation topographique de la rivière sous forme de casiers avec la simulation d'un hydrogramme de débit de référence qui a une durée finie, c'est le type de modèle le plus complexe mis en œuvre sur le bassin versant de l'Allier,

1.1.5 L'approche hydrogéomorphologique

Cette méthode d'analyse et de cartographie repose sur le croisement de plusieurs types d'informations. Elle couple à la fois des données historiques, les missions de terrains et la photo-interprétation. Elle correspond parfaitement à nos méthodes de travail mises au point et appliquées dans le cadre d'études PPR depuis plusieurs années et consolidées par de nombreux stages de formation auprès du CETE d'Aix en Provence (M. MASSON)*2.

Fig. 25 : exemple de cartographie de zones inondables par la méthode hydrogéomorphologique sur l'agglomération de Riom

[2] * Selon les principes du guide Cartographie des zones inondables – approche hydrogéomorphologique. Ministères de l'Equipement et de l'Environnement - DAU/DPPR, édition villes et Territoires, 1996, 100p

La méthode hydrogéomorphologique repose sur l'analyse des différentes unités constituant le plancher alluvial. Les critères d'identification et de délimitation de ces unités sont la topographie, la morphologie, la sédimentologie et les données relatives aux crues historiques, souvent corrélées avec l'occupation du sol.

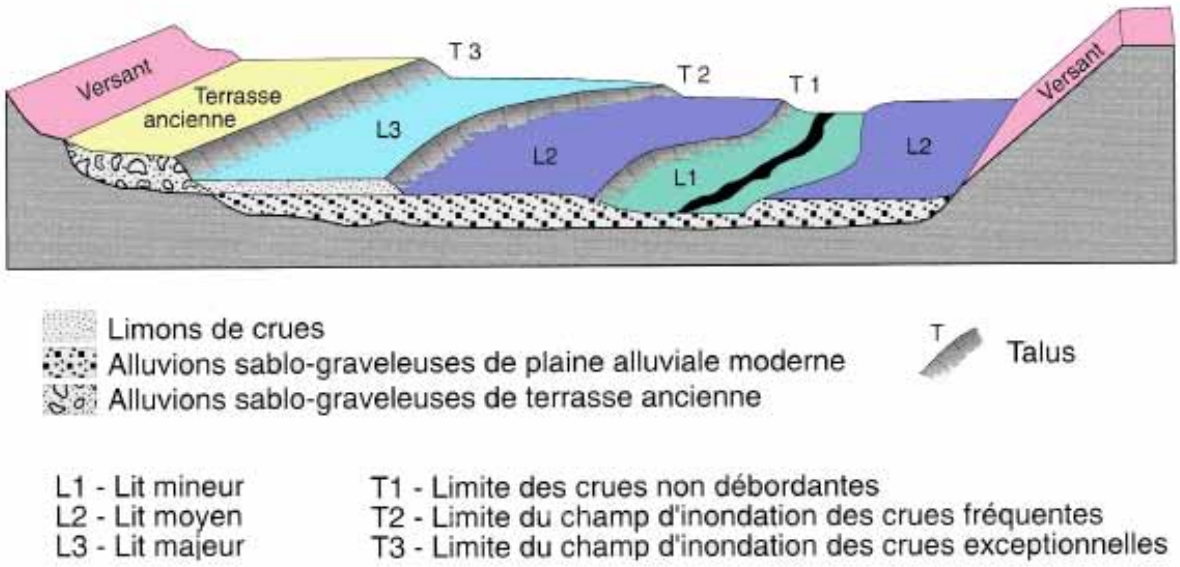

Fig. 26 : description de la méthode hydrogéomorphologique

La cartographie permettra de mettre en avant les multiples unités fonctionnelles liées aux cours d'eau ainsi que les structures encaissantes délimitant les zones inondables. Cette représentation graphique sera complétée par l'ensemble des éléments retenus définis dans le cahier des charges.

Les principaux atouts de cette approche résident dans l'exhaustivité d'une cartographie qui couvre l'emprise maximale des zones potentiellement inondables et qui prend en compte la continuité des champs d'inondation sur l'ensemble d'une vallée, dans la délimitation au sein des plaines alluviales des zones qui sont exposées à des crues fréquentes, rares ou exceptionnelles et celles qui ne seront, sauf exception, jamais submergées, dans ses coûts de mise en œuvre.

- Les limites et les incertitudes de l'approche hydrogéomorphologique

En tant qu'analyse naturaliste fondée sur une science d'observation, l'approche hydrogéomorphologique fournit des informations qualitatives mais ne quantifie pas les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement qui peuvent survenir.

Elle identifie, sans pouvoir les quantifier, certains effets hydrauliques néfastes des aménagements anthropiques présents dans la zone inondable. La cartographie ne prend pas en compte les aménagements qui sont censés réduire la zone inondable car ils ne peuvent être considérés comme pérennes dans le temps.

La méthode ne donne pas la fréquence précise d'inondation des différents lits d'une rivière.

4.6. La nécessaire complémentarité des 3 approches

Les différentes catastrophes de la décennie 90 ont fait prendre conscience :

- des limites de l'utilisation traditionnelle des études hydrauliques,
- de la nécessité de mieux prendre en compte les crues rares et exceptionnelles et les phénomènes hydrodynamiques spécifiques qui leur sont liés,
- de la faiblesse des chroniques hydrométéorologiques disponibles par rapport aux crues rares (centennales et plus).

Les grands événements récents ont mis en exergue la nécessité d'établir des interrelations entre ces trois approches qui sont complémentaires.

Dans le cas de l'Allier, il apparait que certaines approches sont plus favorables en fonction du type de rivière et d'occupation des sols :

Tab 8 : confrontation des différents type d'approche pour la définition des zones inondables sur le bassin de l'Allier

	ALLIER moyen et aval	ALLIER amont et 3 principaux affluents	Affluents secondaires
Zone rurale avec peu de modification anthropique	études historiques et modélisations hydrauliques pour caractériser les crues moyennes et inférieures approche hydrogéomorphologique pour caractériser les crues exceptionnelles	études historiques et modélisations hydrauliques pour caractériser les crues moyennes et inférieures approche hydrogéomorphologique pour caractériser les crues exceptionnelles	études historiques et approche hydrogéomorphologique
Zone urbaine ou rurale avec forte modification anthropique	études historiques et modélisations hydrauliques en régime transitoire	études historiques et modélisations hydrauliques en régime transitoire	études historiques et modélisations hydrauliques en régime permanent

Sur le bassin versant de l'Allier, le choix des méthodes n'a pas été effectué en fonction des typologies de cours d'eau mais en fonction des limites administratives de département et des périodes de réalisation:

- La définition des zones inondables de l'Allier dans le département de l'Allier sont issues d'analyse hydraulique avec modélisation, les hypothèses de calcul et les types de modélisation sont variés mais cohérents .Les zonages réglementaires des PPRI bénéficient de nombreuses données quantitatives (cotes de références, durée de submersion, débits et vitesses de débordements),
- La définition des zones inondables dans le département du Puy de dôme sont essentiellement issues d'analyse hydrogéomorphologique sans modélisation hydraulique, les zonages réglementaires des PPRI n'ont donc pas de justification

hydraulique et ne bénéficient pas de données quantitatives (cotes de références), sur la rivière Allier une modélisation est en cours pour remédier à ce déficit d'information,

- La définition des zones inondables de l'Allier dans le département de la Haute Loire sont issues d'analyse hydraulique avec modélisation, les hypothèses de calcul et les types de modélisation sont variées. Les zonages réglementaires des PPRI bénéficient de nombreuses données quantitatives (cotes de références, durée de submersion, débits et vitesses de débordements), les études hydrauliques datent de plus de 10 ans,

- Certaines communes sensibles comme Langogne ont fait l'objet à la fois d'une analyse hydraulique et hydrogéomorphologique mais ne possède pas de document cartographique réglementaire PPRI à ce jour, le PPRI a été prescrit en juin 2010 par la DDT48 sur 9 communes de la Lozère,

On note que les phénomènes particuliers comme les embâcles ou les ruptures de barrages qui peuvent notablement aggraver la crue et la zone inondable ne sont pas pris en compte dans les documents cartographiques existants,

4.7. La mobilisation des données existantes sur les crues historiques

Sur le bassin versant de l'Allier, les cartographies de zones inondables sont issues d'estimation scientifique.

Ces cartes doivent être accompagnées de documents d'observation d'événements historiques pour :

- Vérifier les résultats théoriques,
- Faciliter la sensibilisation des acteurs et des riverains aux risques inondation à travers des témoignages réels et proches (photos, repères, …)

La directive inondation intègre et encadre cette démarche de compilation et de témoignage.

Suite aux crues historiques et en particulier aux événements de 2003 et 2008, des enquêtes ont été réalisées pour identifier et cartographier les laisses de crues témoignant des inondations de l'Allier et de ses affluents.

Il s'agit des retours d'expériences (REX) des crues de 2003 et 2008.

Ces rapports présentent :

- une enquête réalisée auprès des communes sinistrées,
- une synthèse des résultats de l'enquête,
- le recueil de témoignage des inondations.

L'objectif de ces enquêtes est de dresser, dans un premier temps, un bilan de la gestion de la crue au niveau communal. Elle doit également permettre de fournir les éléments relatifs aux dommages survenus lors de cet événement et les demandes et attentes des communes pour améliorer la gestion de la crise inondation.

On note que le REX de 2003 a permis la réalisation d'une couverture photographique aérienne de l'inondation. Environ 500 photos aériennes couvrent l'axe Allier.

Fig. 27 : l'Allier en crue à Vichy

Par ailleurs, 573 repères de crues ainsi relevés font l'objet d'un référencement sur SIG et apportent un témoignage objectif des événements historiques:

- 323 repères de crues sur l'Allier,
- 64 sur l'Alagnon,
- 61 sur la Sioule,
- 26 sur la Dore,
- 99 sur des affluents secondaires.

Fiche de laisse de la crue de l'Allier du 4 au 6 décembre 2003

						Coordonnées Lambert2	
Laisse	Departement	Commune	Lieu-dit	Rive	Qualite	x (m)	y (m)
9-1	3	BAGNEUX	Ray	gauche	1	668605	2182914
Altitude repère NGF)	**Altitude Crue (mNGF)**	**Date leve altimetrique**	**Levé par**		**date visite terrain**	**Auteur Fiche**	**Date édition**
					16/03/2004	Scholl	08/04/2004

Locatisation:
Dans le champ ou poussent de jeunes sapins se trouve, a l'W, un potager a côté d'une cabane en bois et de deux cabanons en tôle; le plus petit des cabanons en tôle ouvre vers le Sud

Nature de la laisse	trace terreuse sur la tôle
Repérage de la laisse	
54 cm au dessus du bas de la porte du plus petit des cabanons en tôle	
Autres crues connues	

Fig. 28 : exemple de fiche descriptive de laisse de crue

La carte ci-après permet une localisation à l'échelle du bassin versant de l'Allier de l'ensemble de ces 573 repères de crues.

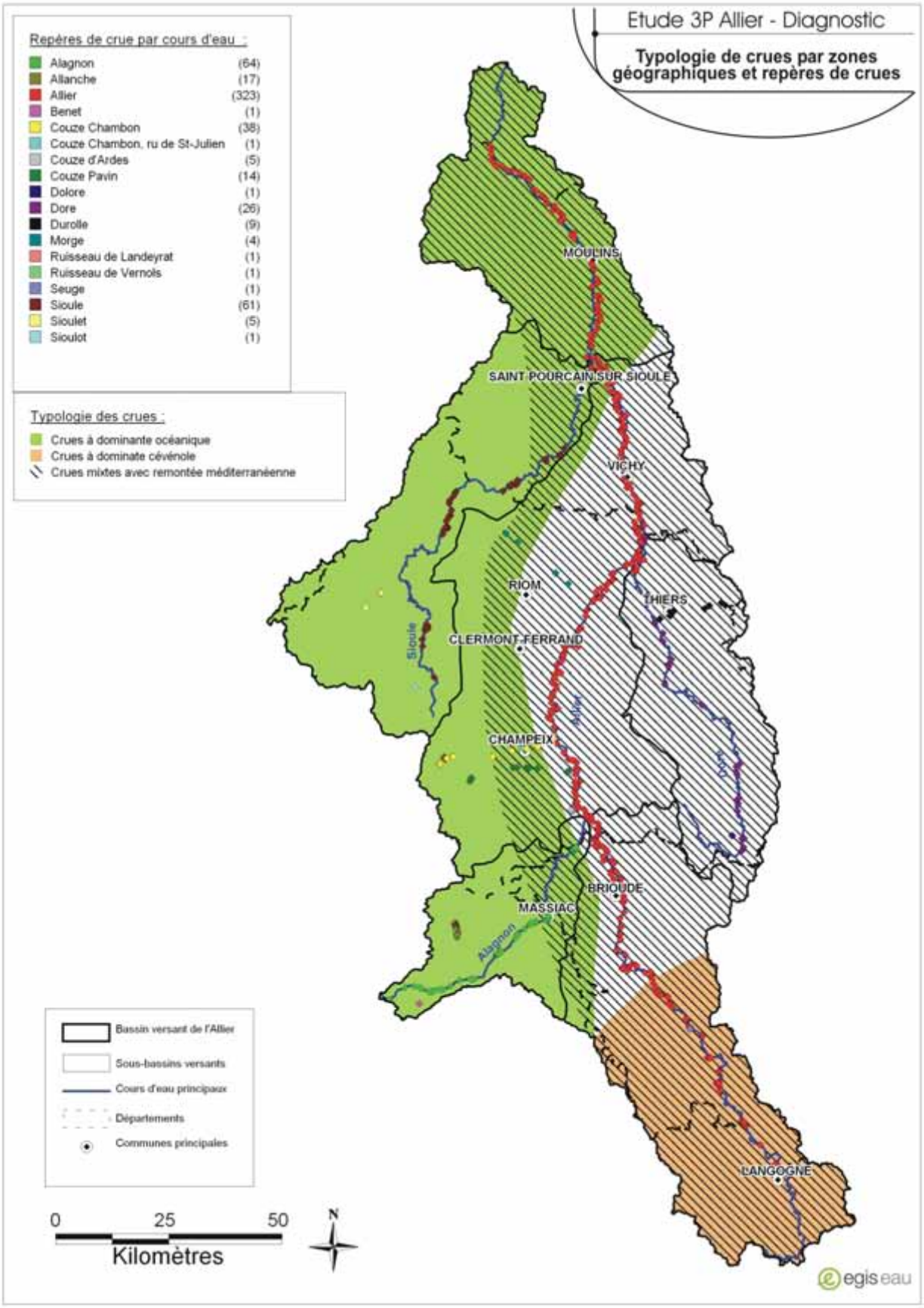

Fig. 29 : localisation des repères de crue

5. PRINCIPAUX BILANS DE L'ANALYSE HYDROLOGIQUE

On rappelle que :

- Le diagnostic hydrologique et le diagnostic hydraulique permettent de caractériser l'aléa inondation,
- Le diagnostic hydrologique permet dé préciser la connaissance du fonctionnement des bassins versants et la valeur des débits représentative des crues de référence,
- Le diagnostic hydraulique permet dé préciser la connaissance du fonctionnement des débordements de la rivière, les limites des zones inondables et les caractéristiques physiques des débordements.

5.1. Synthèse de l'analyse hydrologique

Le diagnostic hydrologique fait principalement apparaitre que la connaissance des débits de référence des crues est très variable selon les tronçons de cours d'eau :

- Les débits de pointe et les hydrogrammes de l'Allier sont connus précisément jusqu'à l'événement de type centennale du fait de la longue période d'observation historique complétée et régulièrement actualisée, en particulier, par le Service de Prévision de Crue de l'Allier,
- Les débits de pointe de la Sioule et de l'Alagnon sont biens identifiés jusqu'à l'événement de type décennal. Pour la Dore, le choix du débit de référence est plus délicat à définir du fait de l'influence des crues méditerranéennes dégradées,
- Pour les affluents secondaires, les analyses statistiques des données observées ne sont pas exploitables pour caractériser les débits de crues et les choix des débits de référence sont extrêmement variables selon les méthodes de calcul.

La précision des débits de référence de crues est inversement proportionnelle à la taille du bassin versant.

La carte suivante permet une synthèse à l'échelle du bassin versant du diagnostic hydrologique.

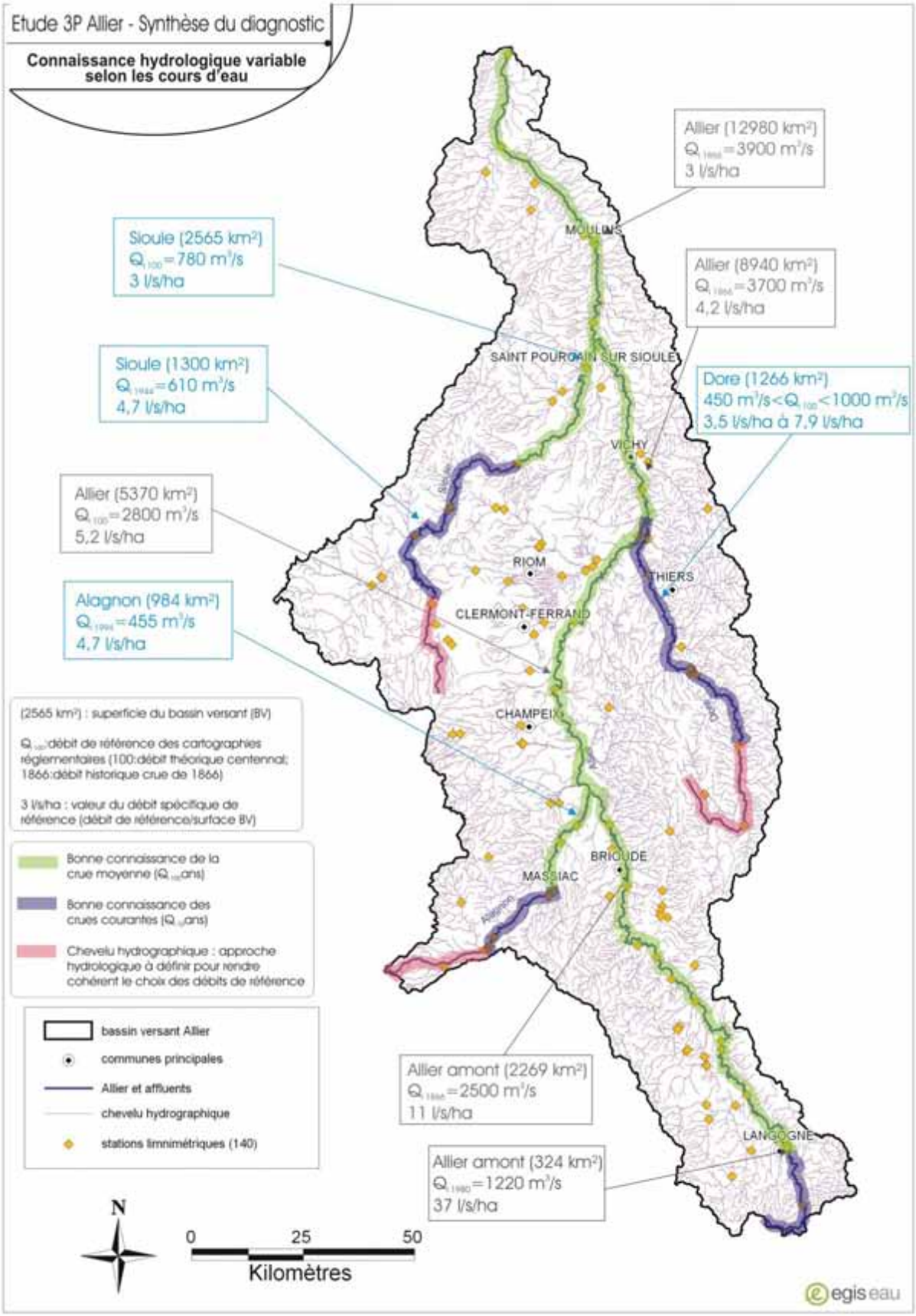

Fig. 30 : variabilité des connaissances hydrologiques selon les cours

5.2. Synthèse de l'analyse hydraulique

Le diagnostic hydraulique fait principalement apparaitre que la connaissance des limites des zones inondables est très variable selon les communes et les territoires :

- sur la partie aval de l'Allier, la définition des zones inondables de l'Allier est issue d'analyse avec modélisation hydraulique permettant une quantification de l'aléa en hauteurs et en vitesses, une extension de la modélisation à la partie de l'Allier dans la traversée du département du Puy de dôme est prévue pour 2011, cette étude garantira une cohérence hydraulique sur l'ensemble de l'Allier aval,

- pour l'Allier amont et la partie basse des 3 principaux affluents, des analyses hydrauliques avec modélisation ont été réalisées et permettent une quantification de l'aléa au droit des zones sensibles. Mais le choix des hypothèses de calcul est hétérogène selon les secteurs et quelques précisions ou actualisations peuvent être envisagées pour préciser localement l'aléa inondation,

- de nombreux cours d'eau font l'objet d'une analyse hydrogéomorphologique sans modélisation hydraulique, cette analyse est pertinente pour couvrir les zones rurales avec peu d'enjeux, dans les zones fortement anthropisées, cette analyse s'avère parfois trop imprécise et ne permet pas la détermination de données quantitatives (cotes de références) , cette absence de donnée hydraulique est particulièrement sensible pour certaines zones urbaines du département du Puy de dôme comme les agglomérations de Riom et de Clermont,

- Une grande partie du chevelu hydrographique ne fait l'objet d'aucune cartographie de zone inondable à ce jour.

La carte suivante permet une synthèse à l'échelle du bassin versant du diagnostic hydraulique.

Dans le cadre du diagnostic hydraulique, il a été présenté l'influence de certaines actions sur l'aléa inondation comme les grands barrages ou le réchauffement climatique. Le bilan de ces analyses fait l'objet d'une description plus globale dans le paragraphe 4 « Analyse transversale » .

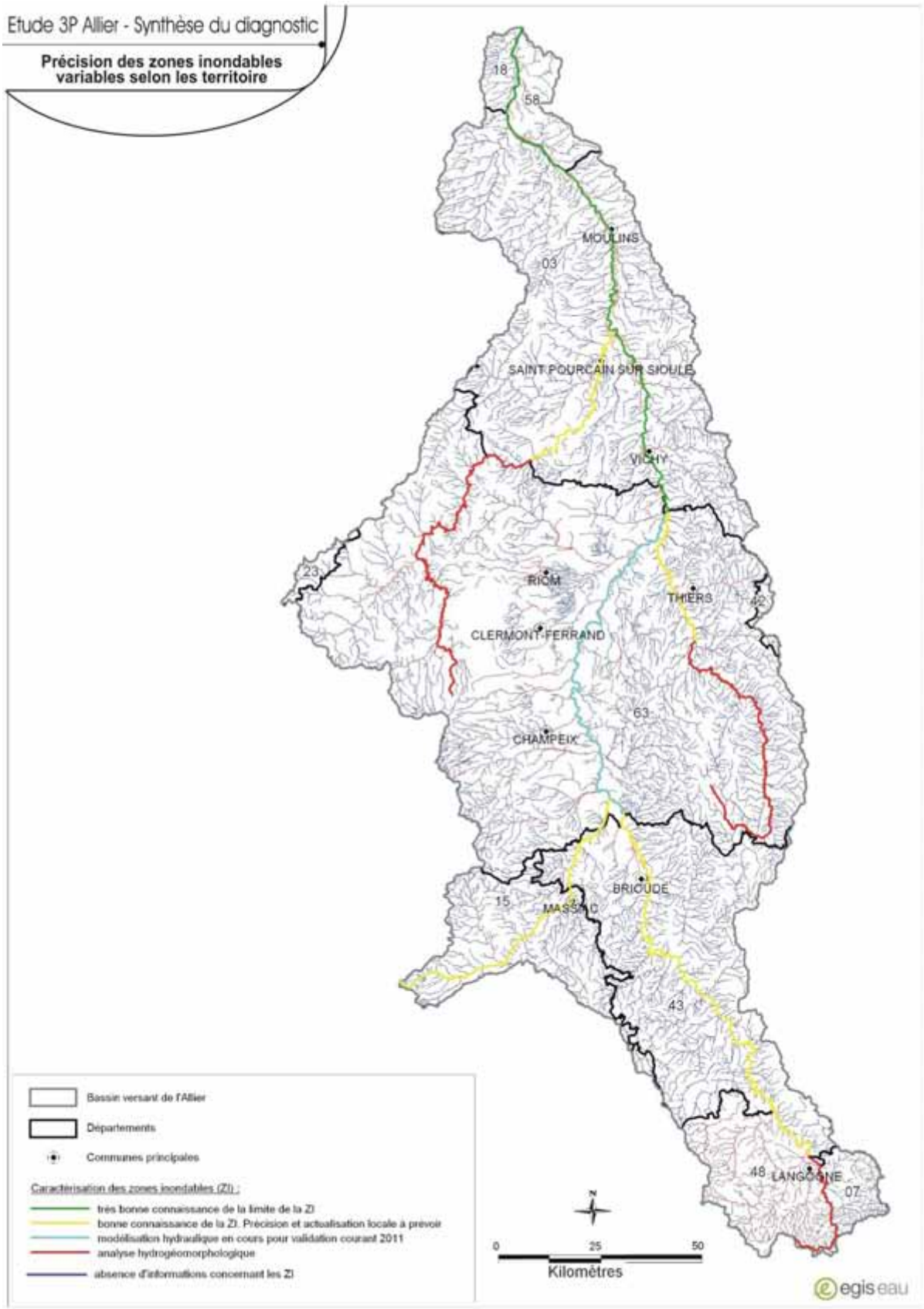

Fig. 31 : variabilité de la précision des zones inondables en fonction du territoire*

5.3. Principales conclusions issues du diagnostic hydrologique et hydraulique

Les principales conclusions du diagnostic hydrologique sont les suivantes :

- Les débits de pointe et les hydrogrammes de l'Allier sont connus précisément du fait de la longue période d'observation historique, la rivière Allier fait par ailleurs l'objet d'analyse hydrologique complète et régulièrement actualisée par le Service de Prévision de Crue de l'Allier,

- Les débits de pointe de la Sioule et de l'Alagnon sont biens identifiés jusqu'à l'événement de type centennal. Pour la Dore, le choix du débit de référence est plus délicat à définir du fait de l'influence des crues méditerranéennes dégradées.

- Pour les affluents, les analyses statistiques des données observées ne sont pas exploitables pour caractériser les débits de crues et les choix des débits de référence sont extrêmement variables selon les méthodes de calcul. L'analyse statistique issue des stations de jaugeage a tendance à sous évaluer sensiblement la valeur des débits de pointe des crues sur les petits cours d'eau. Les observations historiques sembleraient confirmer que des événements localisés d'intensité cévenole (100 l/s/ha) sont envisageables sur les petits basins versants mais cela nécessite une approche hydrologique complète spécifique;

- Les ouvrages structurant n'ont aucune influence sur les crues de référence de l'Allier;

- La définition des zones inondables de l'Allier dans le département de l'Allier sont issues d'analyse hydraulique avec modélisation, les hypothèses de calcul et les types de modélisation sont variées mais cohérentes .Les zonages réglementaires des PPRI bénéficient de nombreuses données quantitatives (cotes de références, durée de submersion, débits et vitesses de débordements),

- La définition des zones inondables dans le département du Puy de dôme sont essentiellement issue d'analyse hydrogéomorphologique sans modélisation hydraulique, les zonages réglementaires des PPRI n'ont donc pas fait l'objet d'analyse hydraulique et ne bénéficient pas de données quantitatives (cotes de références), sur la rivière Allier une modélisation est en cours pour remédier à ce déficit d'information,

- sur l'agglomération Clermontoise, coexiste 2 cartographies de zones inondables : la première est issue de l'analyse hydrogéomorphologique servant de référence au document réglementaire et la seconde provient d'une étude hydraulique menée directement par les services de Clermont communauté.

- La définition des zones inondables de l'Allier dans le département de la Haute Loire est issue d'analyse hydraulique avec modélisation, les hypothèses de calcul et les types de modélisation sont variées. Les zonages réglementaires des PPRI bénéficient de nombreuses données quantitatives (cotes de références, durée de submersion, débits et vitesses de débordements) mais les études hydrauliques datent de plus de 10 ans,

- Certaines communes sensibles comme Langogne ont fait l'objet d'analyse hydraulique et de cartographie de zone inondable mais n'ont pas de document réglementaire PPRI à ce jour, le PPRI a été prescrit en juin 2010 par la DDT48,

- L'influence du changement climatique sur les crues de l'Allier n'est pas avérée à ce jour,

- Non prise en compte des phénomènes particuliers comme les embâcles ou les ruptures de barrages dans les documents cartographiques.

Les 3 cartes suivantes représentent, à l'échelle du bassin versant de l'Allier:

- La densité d'arrêté catastrophe naturelle inondation par commune sur les 20 dernières années (voir définition dans le diagnostic réglementaire) qui est représentative des enjeux selon les territoires,

- La connaissance hydrologique selon les territoires,

- Les communes couvertes par des zonages réglementaires qui correspondent aux territoires faisant l'objet de cartographie de zone inondable et de réglementation adaptée en zone inondable (voir présentation complète dans le diagnostic réglementaire des documents réglementaires et liste des communes en annexe 1).

Cette comparaison entre les 3 cartes permet une visualisation géographique directe des lacunes en termes de données hydrologiques et de précision cartographiques en fonction des enjeux.

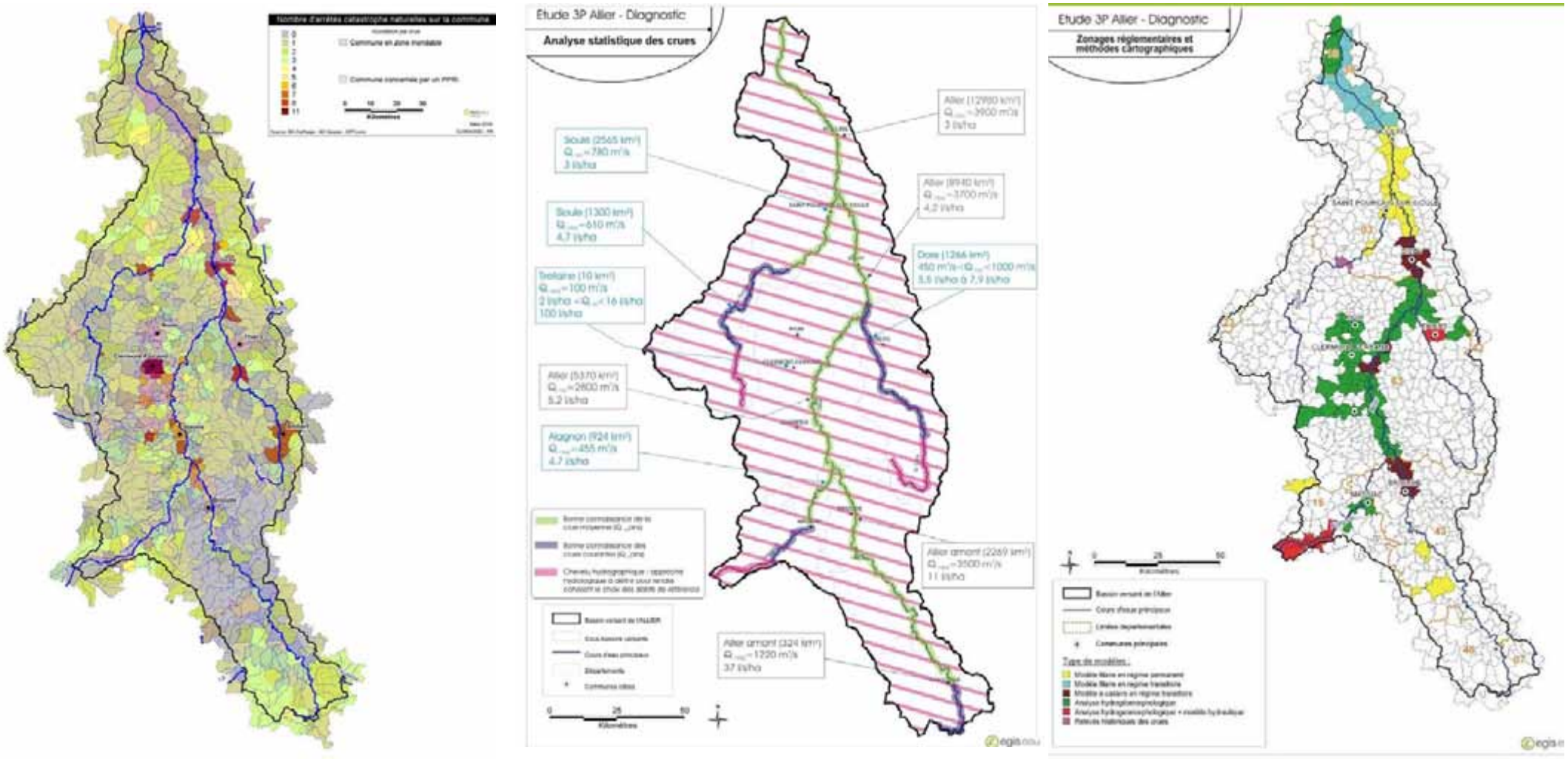

Fig 32 : visualisation géographique directe des lacunes en termes de données hydrologiques et de précision cartographiques en fonction des enjeux

6. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE ET INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES

Le diagnostic hydrologique et hydraulique s'appuie sur des données et études existantes.

La liste des principales données et études sources est données en ANNEXE 2.

Cette liste présente les principales caractéristiques des données (Source, date, contenu…) mais aussi l'utilisation ou non de la donnée dans le cadre du diagnostic de la thématique hydrologie.

Le diagnostic hydrologique a également permis la réalisation de nombreuses couches d'information géographiques de synthèse sous format SIG qui pourront être exploitées et complétées.

Ces informations sont présentées à l'échelle du bassin versant de l'Allier mais peuvent être visualisées à des échelles plus fines.

La liste des couches d'information géographiques est fournie dans le tableau suivant.

Tab. 9 : liste des couches d'information géographique

Information	Couches d'information	Principale source de l'information	Carte de synthèse correspondante
relief	Isocotes	IGN	Description générale du bassin versant
Influence climatique	Couches d'influence climatique	Traitement Egis Eau	Influence climatique
Typologie des crues	Couches de typologie des crues	Traitement Egis Eau	Typologie des crues
Repères de crues	Position des repères de crues	Service de l'Etat + REX	Typologie des crues
Stations de débits	Localisation des stations de débits	Réseaux hydrométriques DREAL	Analyse statistiques des crues
Grands barrages	Localisation des 6 grands barrages	Traitement Egis Eau	Grands barrages
Zones inondables	Limites des zones inondables	Services de la DREAL (Atlas) et de la DDT (PPRI)	Emprises des zones inondables
Arrêté Catnat	Base de données GASPAR	Traitement Egis Eau	Densité d'arrêté CATNAT
Limites communales	Base de données Etat	Etat	Nombreuses Cartes
Limites bassins versants et sous bassins versants	Couches limites de bassins versants	Traitement Egis Eau	Nombreuses Cartes

ANNEXES

ANNEXE 1
LISTE DES COMMUNES AVEC CARTOGRAPHIE REGLEMENTAIRE INONDATION

ANNEXE 2
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE –DIAGNOSTIC HYDROLOGIQUE