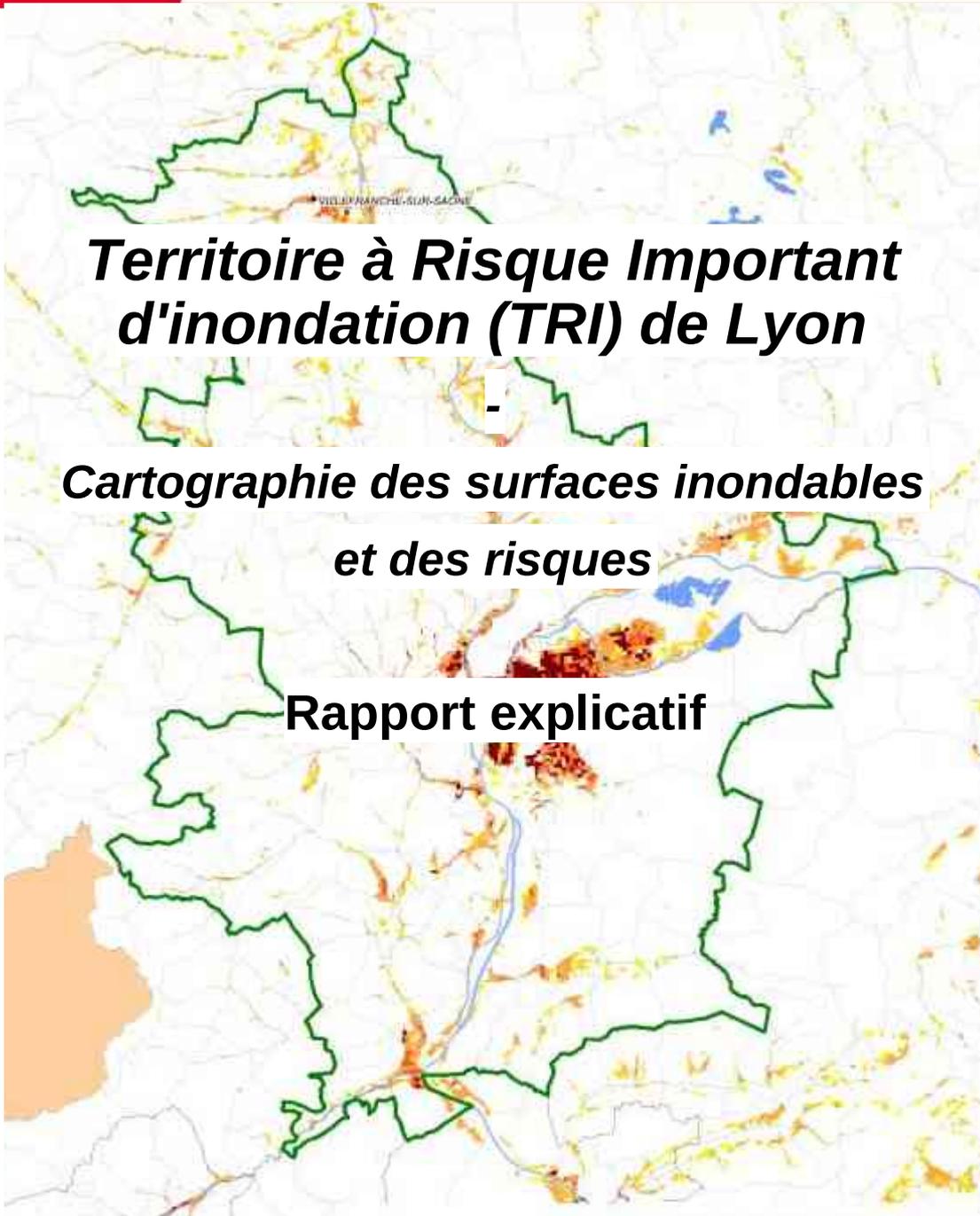


Juin 2014

Directive Inondations

Bassin Rhône-Méditerranée



**Territoire à Risque Important
d'inondation (TRI) de Lyon**

**Cartographie des surfaces inondables
et des risques**

Rapport explicatif

Ressources, territoires, habitats et logement
Énergies et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**

SOMMAIRE

RÉSUMÉ NON TECHNIQUE.....	3
I.INTRODUCTION.....	6
II.PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU TRI.....	8
2.1 - Caractérisation du TRI de Lyon.....	8
2.2 - Phénomènes pris en compte pour la cartographie.....	12
2.3 - Association technique des parties prenantes.....	14
III.CARTOGRAPHIE DES SURFACES INONDABLES DU TRI.....	16
3.1. Ouvrages pris en compte :.....	17
3.2. Cartes des surfaces inondables par les débordements du Rhône	17
3.3. Cartes des surfaces inondables par les débordements de la Saône.....	30
3.3.1 – Le Val de Saône.....	33
3.3.2 – La Saône à l'aval Couzon.....	37
3.4. Cartes des surfaces inondables par les débordements de l'Azergues et de ses affluents.....	41
3.4.1 – L'Azergues.....	41
3.4.2 – La Brévenne et la Turdine :.....	45
3.5. Cartes des surfaces inondables par les débordements du Garon	53
3.6 – Cartes des surfaces inondables par les débordements de l'Yzeron.....	57
3.7 – Cartes des surfaces inondables par les débordements du Gier.....	65
3.8 – Cartes des surfaces inondables par les débordements des rivières du Beaujolais.....	69
3.8.1 – Le Nizerand.....	70
3.8.2 – Le Morgon.....	73
3.9 – Carte de synthèse des surfaces inondables.....	76
IV.CARTOGRAPHIE DES RISQUES D'INONDATION DU TRI.....	77
4.1 – Méthode de caractérisation des enjeux.....	77
4.2 – Type d'enjeux caractérisés pour la cartographie des risques.....	77
V.LISTE DES ANNEXES.....	81

I. Résumé non technique

Le territoire à risque important d'inondation de Lyon

La sélection du territoire à risque important d'inondation de Lyon implique la mise en œuvre d'une stratégie concertée pour répondre à la Directive inondation.

La mise en œuvre de la Directive Inondation vise à fixer un cadre d'évaluation et de gestion des risques d'inondation à l'échelle du bassin Rhône-Méditerranée tout en priorisant l'intervention de l'État pour les territoires à risque important d'inondation (TRI).

31 TRI ont été arrêtés le 12 décembre 2012 sur le bassin Rhône-Méditerranée. Cette sélection s'est appuyée sur 3 éléments : le diagnostic de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI), l'arrêté national définissant les critères de sélection des TRI, la prise en compte de critères spécifiques à certains territoires du bassin en concertation avec les parties prenantes du bassin Rhône-Méditerranée.

L'identification des TRI obéit à une **logique de priorisation** des actions et des moyens apportés par l'État dans sa politique de gestion des inondations. À cet effet, les 31 TRI sélectionnés devront faire l'objet :

- d'ici fin 2013, d'une **cartographie** des surfaces inondables et des risques pour les phénomènes d'inondation caractérisant le territoire ;
- d'ici fin 2014, de **stratégies locales** de gestion des risques d'inondation dont les objectifs et le périmètre devront être identifiés d'ici 2014. Ces dernières nécessiteront un engagement des acteurs locaux dans leur élaboration s'appuyant notamment sur un partage des responsabilités, le maintien d'une solidarité amont-aval face aux risques, la recherche d'une synergie avec les autres politiques publiques.



Le territoire à risque important d'inondation a été sélectionné au regard des conséquences négatives susceptibles d'impacter son bassin de vie au regard de phénomènes prépondérants.

La sélection du TRI de Lyon s'est appuyée en première approche sur l'arrêté ministériel du 27 avril 2012 qui demande de tenir compte, a minima, des impacts potentiels sur la santé humaine et l'activité économique de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI). Ce premier diagnostic macroscopique fait ressortir les enjeux dans l'enveloppe approchée des inondations potentielles (EAIP) pour les 6 indicateurs du tableau ci-dessous.

	Impact sur la santé humaine			Impact sur l'activité économique		
	Population permanente en EAIP (nb d'habitants)	Part de la population permanente en EAIP	Emprise de l'habitat de plain-pieds en EAIP (m ²)	Nombre d'emplois en EAIP	Part des emplois en EAIP	Surface bâtie en EAIP (m ²)
Débordements de cours d'eau	570 624	38 %	1 059 251	363 986	49 %	23 077 178

Le périmètre du TRI, constitué de 136 communes, a été constitué autour des bassins de vie de Lyon. Celui-ci a été précisé pour tenir compte de la très forte densité urbaine de ce territoire.

Compte-tenu de l'état des connaissances disponibles sur le TRI, la cartographie des phénomènes d'inondation a été élaborée pour les débordements du Rhône, de la Saône, du Nizerand, du Morgon, de l'Azergues, de la Brévenne, du Garon, de l'Yzeron et du Gier.

La cartographie de l'Ozon n'a pu être réalisée compte-tenu de l'absence de données disponibles. Aussi, lors de la mise en œuvre des stratégies locales, il conviendra de s'assurer que des études seront lancées afin de cartographier les aléas fréquent, moyen et extrême de ce cours d'eau.

Le phénomène de remontée de nappe du Rhône sur le Grand-Lyon n'a pas été cartographié ici compte-tenu de l'absence d'études précises. Pour mémoire, ce phénomène concerne la rive gauche du Rhône en amont de la confluence située en aval du boulevard Laurent Bonnevey et des quais de Lyon qui est une zone inondable historique (inondée lors de la crue de 1856) désormais protégée des débordements directs. Elle reste cependant exposée aux phénomènes de remontée du niveau piézométrique de la nappe ou aux débordements du réseau d'assainissement suite à sa saturation. Ces phénomènes d'arrivées d'eau sont favorisés par la nature géologique des sols constitués d'alluvions glaciaires très perméables.

La cartographie du TRI de Lyon

Objectifs généraux et usages

La cartographie du TRI de Lyon apporte un approfondissement de la connaissance sur les surfaces inondables et les risques pour les débordements de certains cours d'eau pour 3 types d'événements (fréquent, moyen, extrême). De fait, elle apporte un premier support d'évaluation des conséquences négatives du TRI pour ces 3 événements en vue de la définition d'une stratégie locale de gestion des risques.

Elle vise en outre à enrichir le porter à connaissance de l'État dans le domaine des inondations et à contribuer à la sensibilisation du public. Plus particulièrement, le scénario « extrême » apporte des éléments de connaissance ayant principalement vocation à être utilisés pour préparer la gestion de crise.

Toutefois, cette cartographie du TRI n'a pas vocation à se substituer aux cartes d'aléa des PPRI (lorsqu'elles existent sur le TRI) dont les fonctions et la signification ne sont pas les mêmes.

Principaux résultats de la cartographie du TRI

La cartographie du TRI de Lyon se décompose en différents jeux de carte au 1/ 25 000^e pour :

- les débordements de cours d'eau

- ➔ un jeu de 3 cartes des surfaces inondables des débordements par cours d'eau : Rhône, Saône, Nizerand, Morgon, Azergues, Brévenne, Garon, Yzeron et Gier pour les événements fréquent, moyen, extrême présentant une information sur les surfaces inondables, les hauteurs d'eau, voire les vitesses d'écoulement ;
- ➔ une carte de synthèse des débordements des différents cours d'eau cartographiés pour les 3 scénarios retenus ;
- ➔ une carte des risques présentant les enjeux situés dans les surfaces inondables ;
- ➔ une information sur les populations et les emplois exposés par commune et par scénario.

À l'échelle du TRI de Lyon, la cartographie des risques d'inondation fait ressortir l'estimation des populations et des emplois présentée dans le tableau ci-dessous.

	Population permanente			Nombre d'Emplois					
	Crue fréquente	Crue moyenne	Crue extrême	Crue fréquente		Crue moyenne		Crue extrême	
				Nb min	Nb max	Nb min	Nb max	Nb min	Nb max
Débordements de cours d'eau	11 723	26 572	80 118	6 524	9 826	19 690	31 037	44 618	69 376

II. Introduction

Une cartographie s'inscrivant dans le cadre de la Directive Inondation

La Directive 2007/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et la gestion des risques d'inondations dite « Directive Inondation », a pour principal objectif d'établir un cadre pour l'évaluation et la gestion globale des risques d'inondations, qui vise à réduire les conséquences négatives pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique associées aux différents types d'inondations dans la Communauté.

L'Évaluation Préliminaire des risques d'inondation (EPRI), arrêtée le 21 décembre 2011, a posé un diagnostic global à l'échelle du Bassin Rhône-Méditerranée. Sur cette base, un Plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) à la même échelle définira un cadre réglementaire de définition des objectifs et des moyens pour la réduction des conséquences dommageables des inondations. Le PGRI devra être arrêté avant le 22 décembre 2015 par M. le préfet coordonnateur de bassin Rhône-Méditerranée.

Le PGRI constitue un document de planification pour la gestion des risques d'inondation sur le bassin Rhône-Méditerranée. À ce titre, au-delà de dispositions communes à l'ensemble du bassin, celui-ci doit porter les efforts en priorité sur les territoires à risque important d'inondation (TRI).

Sur la base du diagnostic de l'EPRI et d'une concertation avec les parties prenantes du bassin, 31 TRI en Rhône-Méditerranée ont été sélectionnés par arrêté du préfet coordonnateur de bassin du 12 décembre 2012. Le choix de ces territoires et de leur périmètre s'est appuyé sur la définition d'un bassin de vie exposé aux inondations (de manière directe ou indirecte) au regard de leur impact potentiel sur la santé humaine et l'activité économique, mais aussi d'autres critères tels que la nature et l'intensité des phénomènes ou encore la pression démographique et saisonnière.

Le TRI de Lyon a été retenu au regard des débordements de cours d'eau considérés comme prépondérants sur le territoire. La qualification de ce territoire en TRI implique l'élaboration d'une ou plusieurs stratégies locales de gestion des risques d'inondation qui déclinent les objectifs de réduction des conséquences négatives des inondations du PGRI à l'échelle d'un bassin de risque cohérent et engagent l'ensemble des pouvoirs publics concernés territorialement.

Pour la définition de cette stratégie, le TRI constitue le périmètre de mesure des effets et éclaire les choix à faire et à partager sur les priorités. La cartographie des surfaces inondables et des risques apporte un approfondissement de la connaissance en ce sens pour 3 scénarios :

- les événements fréquents (d'une période de retour entre 10 et 30 ans) ;
- les événements d'occurrence moyenne (généralement d'une période de retour comprise entre 100 et 300 ans) ;
- les événements exceptionnels (d'une période de retour de l'ordre de la millennale).

Objectifs de la cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondation

En dehors de l'objectif principal, décrit plus haut, de quantification des enjeux situés dans les TRI pour différents scénarios d'inondation, ces cartes des surfaces inondables et des risques d'inondation visent à enrichir le porter à connaissance de l'État dans le domaine des inondations et à contribuer à la sensibilisation du public.

À l'instar des atlas de zones inondables (AZI), les cartes contribueront à la prise en compte du risque dans les documents d'urbanisme et l'application du droit des sols par l'État et les collectivités territoriales, selon des modalités à adapter à la précision des cartes et au contexte local, et ceci surtout en l'absence de PPRi ou d'autres documents de référence à portée juridique.

Par ailleurs, le scénario « extrême » apporte des éléments de connaissance ayant principalement vocation à être utilisés pour préparer la gestion de crise.

Les cartes « directive inondation » n'ont pas vocation à se substituer aux cartes d'aléa des PPRI (lorsqu'elles existent sur les TRI) dont les fonctions et la signification ne sont pas les mêmes.

Contenu de la cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondation

La cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondation du TRI est constituée d'un jeu de plusieurs types de cartes :

- Des cartes des surfaces inondables de chaque scénario (fréquent, moyen, extrême) pour les débordements de cours d'eau (et pour les submersions marines).
Elles représentent l'extension des inondations, les classes de hauteurs d'eau, et le cas échéant les vitesses d'écoulement. Selon les configurations et l'état des connaissances propre à chaque cours d'eau, certains cours d'eau du TRI sont cartographiés de manière séparée.
- Des cartes de synthèse des surfaces inondables des différents scénarios pour les débordements de cours d'eau (et pour les submersions marines).
Elles représentent uniquement l'extension des inondations synthétisant sur une même carte les débordements des différents cours d'eau selon les 3 scénarios.
- Des cartes des risques d'inondation
Elles représentent la superposition des cartes de synthèse avec les enjeux présents dans les surfaces inondables (bâti ; activités économiques ; installations polluantes ; établissements, infrastructures ou installations sensibles dont l'inondation peut aggraver ou compliquer la gestion de crise).
- Des tableaux d'estimation des populations et des emplois par commune et par scénario.

Le présent rapport a pour objectif de rappeler les principaux éléments de caractérisation du TRI de Lyon (II), d'explicitier les méthodes utilisées pour cartographier les surfaces inondables (III) et la carte des risques d'inondation (IV). Ce rapport est accompagné d'un atlas cartographique qui présente le jeu des différents types de carte au 1/25 000^e.

III. Présentation générale du TRI

Le territoire à risque important d'inondation (TRI) de Lyon se situe à la confluence du Rhône et de la Saône à cheval sur les départements du Rhône et de l'Ain.

Situation du TRI de Lyon

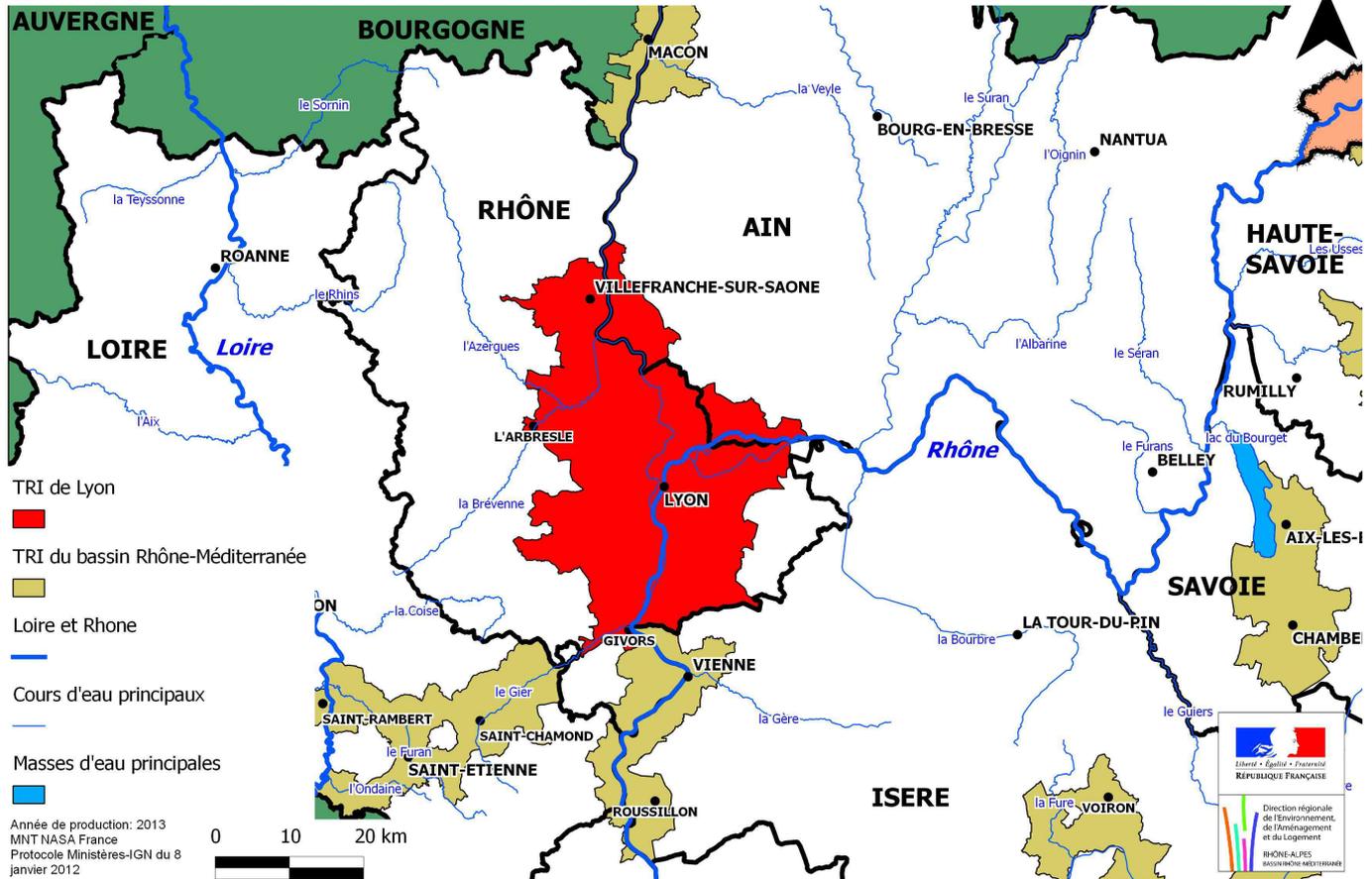


Illustration III.1: Localisation du TRI de Lyon / DREAL Rhône-Alpes

2.1 - Caractérisation du TRI de Lyon

Le territoire du TRI de Lyon est constitué de 136 communes (Illustration 2), fortement urbanisé dans tout le secteur de l'agglomération lyonnaise.

Il est traversé par les deux cours d'eau principaux, le Rhône et la Saône, ainsi que certains de leurs affluents respectifs (affluents du Rhône : Garon, Yzeron, Ozon et Gier ; affluents de la Saône : Nizerand, Morgon, Azergues, Brévenne et Turdine).

Les différents sous-bassins versants sont soumis à un régime climatique de transition entre les influences océaniques, continentales et méditerranéennes. Ils connaissent principalement des crues de type océanique et méditerranéennes.

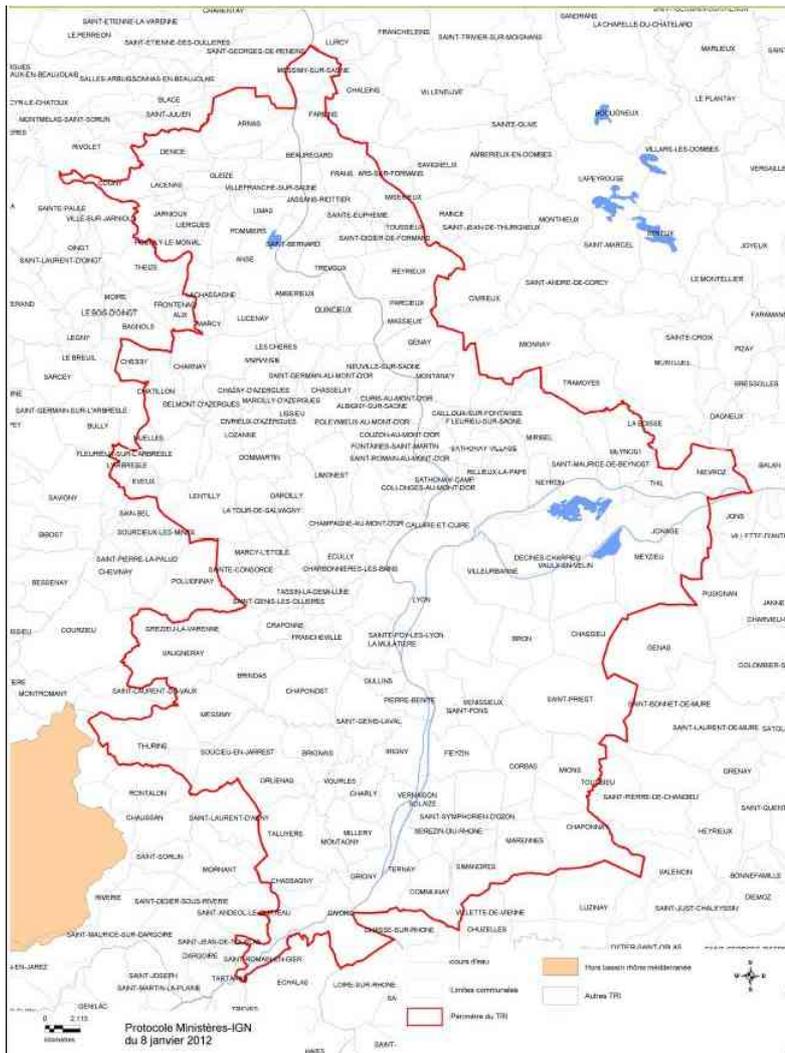


Illustration III.2: Communes du TRI de Lyon / DREAL Rhône-Alpes

Le TRI de Lyon concentre plus d'un million et demi d'habitants. Par contre, il n'est pas confronté par une affluence saisonnière importante (+5%).

Le TRI de Lyon est marqué par une très forte densité urbaine. Il a connu un fort développement depuis les années 1950 qui s'est accompagné d'un étalement très important favorisé par le développement des infrastructures routières. Depuis les années 1990, la dispersion de l'urbanisation concerne des petites communes de plus en plus éloignées de l'agglomération qui tend à augmenter l'aire d'influence du territoire. Si le territoire reste marqué par une très forte pression démographique, il convient cependant de noter que la plaine de l'Est lyonnais ne présente pas d'enjeux au regard des risques d'inondations.

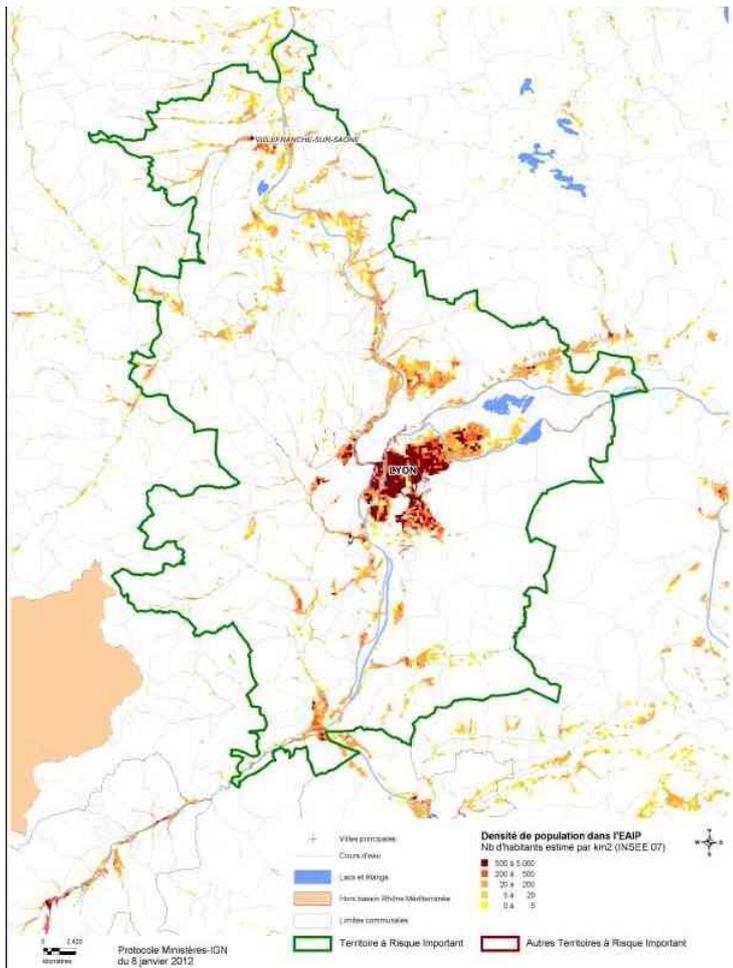


Illustration III.3: Densité de population dans l'EAIP au sein du TRI de Lyon / DREAL Rhône-Alpes

En 2011, l'Etude Préliminaire des Risques d'Inondation réalisée à l'échelle du bassin Rhône-Méditerranée a permis de déterminer l'Enveloppe Approchée des Inondations Potentielles (EAIP) : il s'agit de l'emprise maximale des inondations provoquées par les débordements de tous les cours d'eau du bassin.

Cette étude a montré que plus d'un tiers de la population permanente réside dans l'Enveloppe Approchée des Inondations Potentielles (EAIP).

En réponse aux inondations récentes du Rhône, une stratégie globale de prévention des inondations a été mise en œuvre dans le cadre du volet inondation du Plan Rhône. Les grands principes du Plan Rhône sont déclinés dans le cadre du schéma de gestion Rhône-amont en cours d'élaboration qui définit une stratégie d'action de prévention des inondations (gestion de l'aléa, réduction de la vulnérabilité, culture du risque, ...) sur le Rhône de la frontière suisse à Givors. Au regard des inondations du Rhône, le territoire dispose d'un niveau de protection contre les crues très élevé (ouvrages maçonnés des bas ports du Rhône et ouvrages CNR protégeant le territoire pour une crue millénaire pour les débordements du Rhône).

En outre, le Plan Rhône intègre également le PAPI Saône qui définit une stratégie d'action sur l'axe Saône.

Au-delà du Plan Rhône, sur le territoire, le PAPI Brévenne-Turdine a été labellisé en 2013 et d'autres projets de PAPI sont en cours d'élaboration (Yzeron, Gier, Garon, Azergues).

Sur le périmètre du Grand Lyon, le territoire est couvert par un PPRi approuvé depuis mars 2009 pour le Rhône et la Saône. Au-delà, le territoire est couvert par un nombre important de PPRi approuvés ou prescrits.

Occupation du sol du TRI de Lyon en 2006

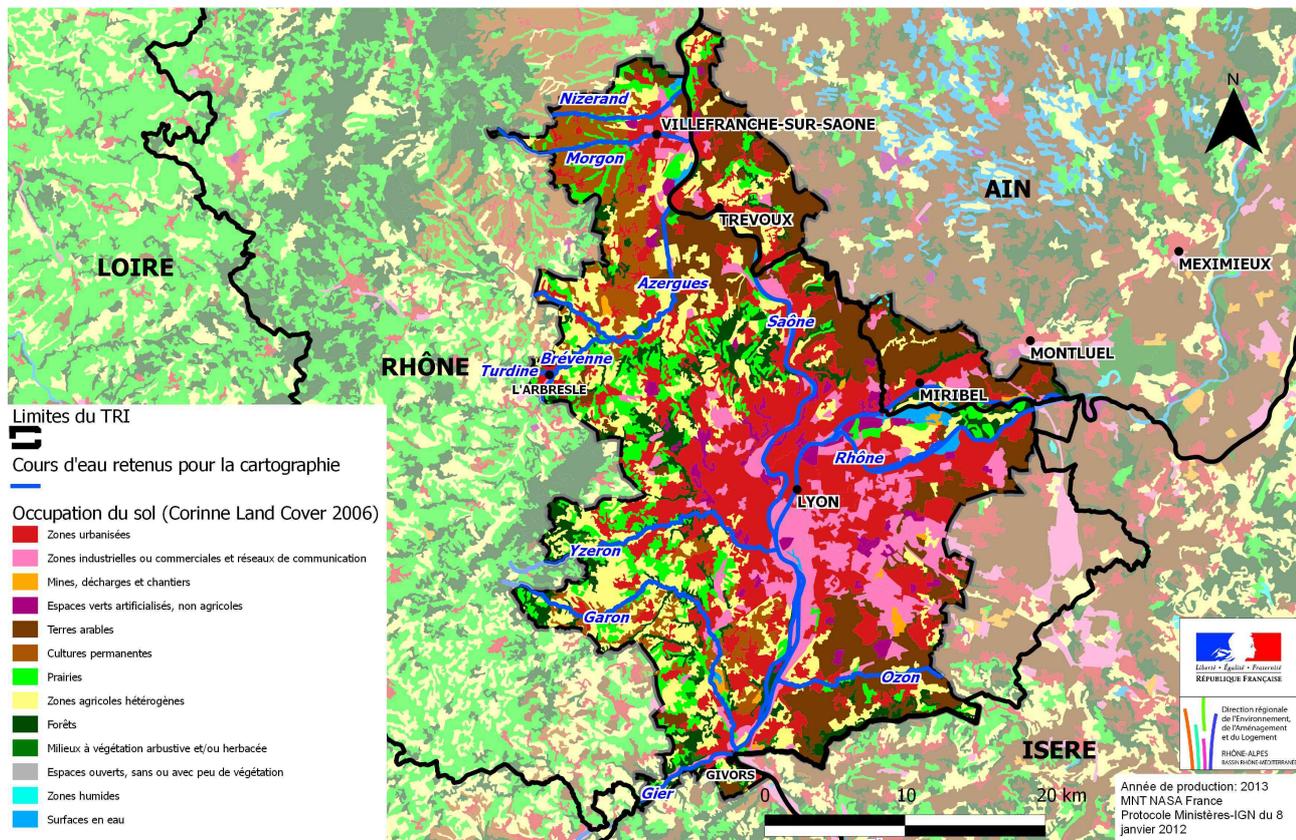


Illustration III.4: Occupation du sol du secteur du TRI de Lyon / DREAL Rhône-Alpes (données Corinne Land Cover 2006)

Le TRI de Lyon est un pôle économique prépondérant situé à la confluence du Rhône et de la Saône. Situé au carrefour des grandes agglomérations européennes et marqué par la présence de grands axes de communications, ce territoire est le théâtre d'un développement urbain très important. Sur le plan économique, ce territoire est marqué par une forte activité industrielle, des cultures intensives au centre et au sud, ainsi qu'une activité viticole à l'ouest.

2.2 - *Phénomènes pris en compte pour la cartographie*

Le TRI de Lyon a été retenu au regard des débordements du Rhône et de la Saône ainsi que de certains de leurs affluents : pour le Rhône : Garon, Yzeron, Ozon et Gier ; et pour la Saône : Nizerand, Morgon, Azergues, Brévenne et Turdine. L'ensemble de ces cours d'eau couvre les principaux risques d'inondation par débordement de cours d'eau. La cartographie des surfaces inondables et des risques du TRI de Lyon s'est donc concentrée sur ces cours d'eau.

Cependant, compte-tenu des calendriers européens imposant une approbation de cette cartographie pour le 22 décembre 2013, l'état des connaissances des phénomènes d'inondations sur le bassin versant de l'Ozon ne permet pas d'en établir une cartographie recevable dans les délais. De fait, il a été choisi pour ce cycle de la Directive Inondation, de ne pas cartographier les débordements de l'Ozon. L'étude des phénomènes d'inondation du sous-bassin versant de l'Ozon fera néanmoins l'objet d'un axe spécifique d'amélioration de la connaissance dans le cadre de la Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation (SLGRI).

Il en est de même pour le phénomène de remontée de nappe du Rhône sur le Grand Lyon – les données disponibles actuellement ne nous permettent pas d'établir une cartographie recevable – au regard de la Directive Européenne – dans les délais. Il conviendra de programmer les études nécessaires dans le cadre de la SLGRI afin d'être en mesure de cartographier ce phénomène lors de la révision de la cartographie du TRI de Lyon.

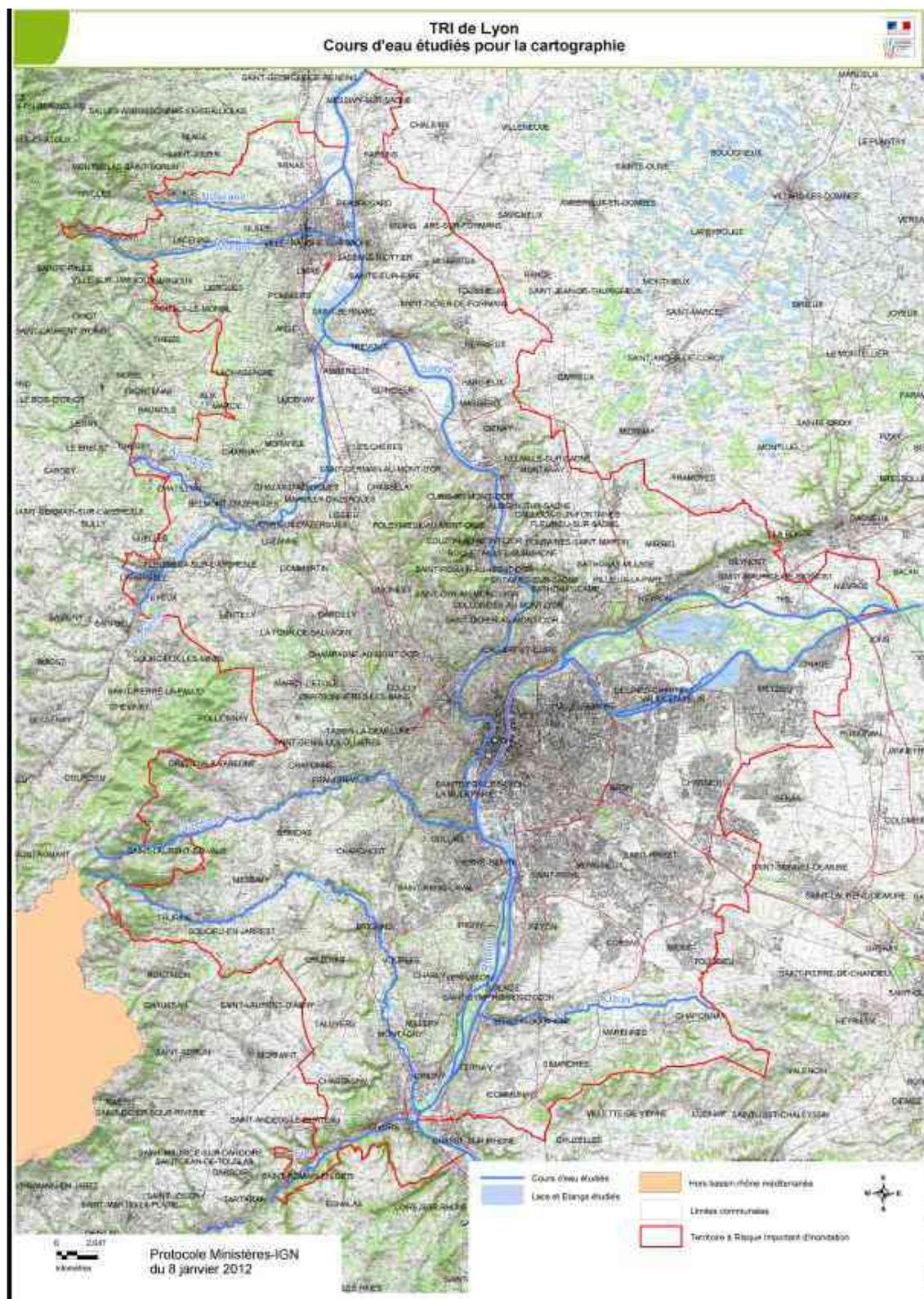


Illustration III.5: Cours d'eau retenus pour la cartographie du TRI de LYON / DREAL Rhône-Alpes

2.3 - Association technique des parties prenantes

Pour la réalisation de ces cartographies, les services des risques des DDT du Rhône et de l'Ain ont été associés.

Les syndicats des cours d'eau du Garon, de la Brévenne-Turdine, de l'Azergues et du Gier ont également été consultés.

Un comité technique élargi est organisé le 9 octobre 2013 en Préfecture du Rhône. Ce comité présentera ces travaux aux partenaires suivants :

- Communauté d'Agglomération de Villefrance sur Saône
- Communauté de Communes Beaujolais Saône Pierres Dorées
- Communauté de Communes Beaujolais Val d'Azergues
- Communauté de Communes de la Vallée du Garon
- Communauté de Communes de Miribel et du Plateau
- Communauté de Communes des Pays du Bois d'Oingt
- Communauté de Communes des Vallons du Lyonnais
- Communauté de Communes du Canton de Montluel
- Communauté de Communes du pays de l'Arbresles
- Communauté de Communes du pays de l'Ozon
- Communauté de Communes du Pays Mornantais
- Communauté de Communes Montmerle Trois Rivières
- Communauté de Communes Monts d'Or Azergues
- Communauté de Communes Porte – Ouest de la Dombes
- Communauté de Communes Saône – Vallée
- Communauté Urbaine de Lyon (Grand Lyon)
- E.P.T.B. Saône-Doubs
- SPL du Rhône amont chargée de la gestion et de l'animation du Grand Parc Miribel Jonage (Segapal)
- Établissement public Foncier Ouest Rhône-Alpes (EPORA)
- Syndicat Intercommunal du Gier Rhodanien
- Saint Etienne Métropole
- Syndicat Mixte pour le réaménagement de la plaine des Chères et de l'Azergues
- Syndicat de rivière Brevenne-Turdine
- Syndicat de Mise en Valeur, d'Aménagement et de Gestion du bassin versant du Garon
- Syndicat d'aménagement et de gestion de l'Yzeron, du Ratier et du Charbonnières
- Syndicat SIEP Saône Dombes
- Syndicat mixte du Beaujolais
- Syndicat de l'Ouest Lyonnais
- SEPAL – SCOT de l'agglomération lyonnaise
- Val de Saône Dombes
- Bugey – Côtière – Plaine de l'Ain
- Association des Maires de France
- Agence de l'Eau
- Agence de l'Eau, délégation Rhône-Alpes
- Conseil Général du Rhône, Service Solidarité Territorial et Aménagement
- Chambre de Commerce et d'Industrie de l'Ain
- Chambre de Commerce et d'Industrie du Rhône
- Chambre d'Agriculture de l'Ain
- Chambre d'Agriculture du Rhône

- Préfecture de la Région Rhône-Alpes
- Préfecture du Département du Rhône
- Préfecture du Département de l'Ain
- SDIS du Rhône
- SDIS de l'Ain
- DDT du Rhône
- DDT de l'Ain
- DREAL Rhône-Alpes

IV. Cartographie des surfaces inondables du TRI

Localisation du TRI de Lyon au sein du bassin versant du territoire de la confluence Rhône-Saône

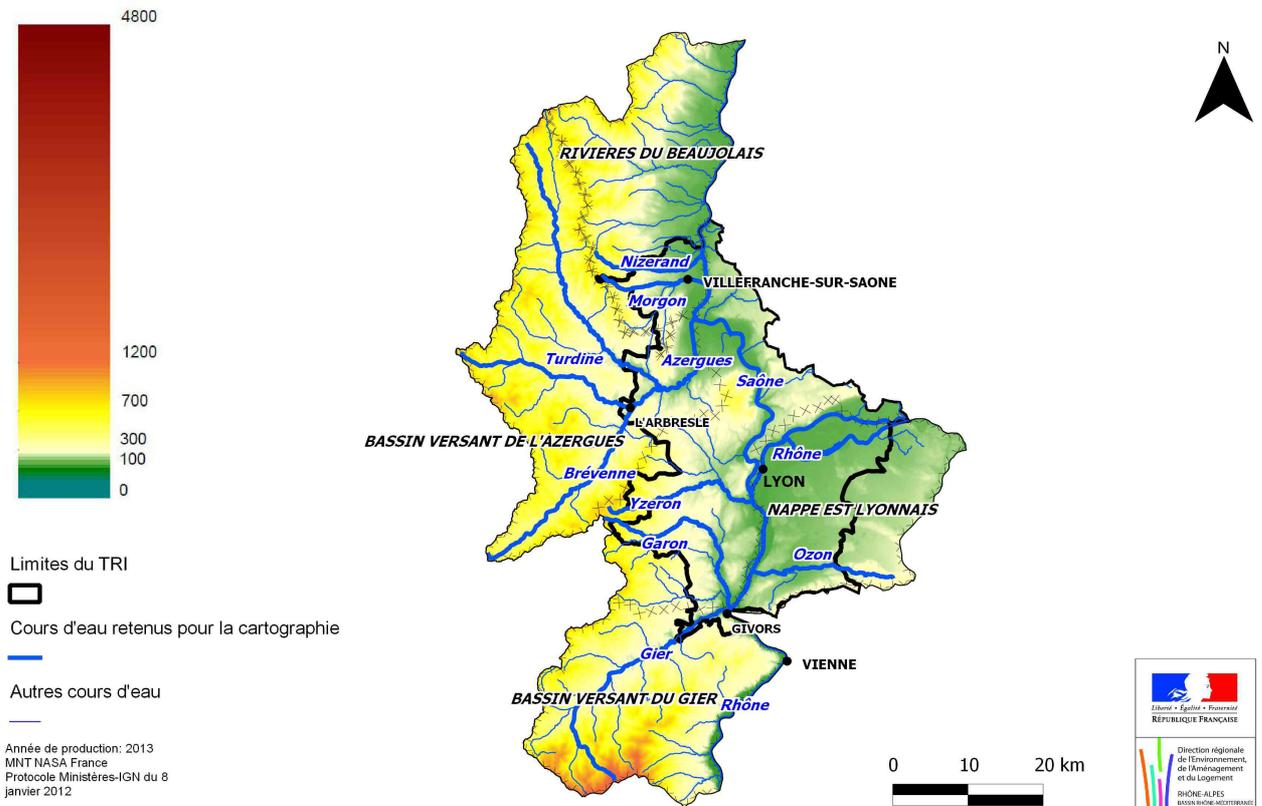


Illustration IV.1: Localisation du TRI de Lyon au sein du bassin versant du territoire de la confluence Rhône-Saône / DREAL Rhône-Alpes

Les cours d'eau du TRI de Lyon connaissent principalement des crues de type océanique et méditerranéen. Mais le bassin du Gier, entre autres, peut être touché par des épisodes cévenols et le val de Saône, à l'amont de Lyon, peut connaître des inondations mixtes avec succession de phases océaniques et méditerranéennes ;

A l'exception du val de Saône, la dynamique des crues des petits affluents du Rhône est généralement rapide, avec un temps de montée de l'ordre de 12 à 24 heures. Les bassins versants sont restreints mais les crues peuvent néanmoins atteindre des débits de pointe très importants. Les eaux ruissellent, se concentrent rapidement dans les talwegs, et génèrent des phénomènes brutaux et destructeurs avec formation d'embâcles. La rapidité de montée des eaux laisse en général peu de temps à l'alerte et à l'évacuation des populations.

3.1. Ouvrages pris en compte :

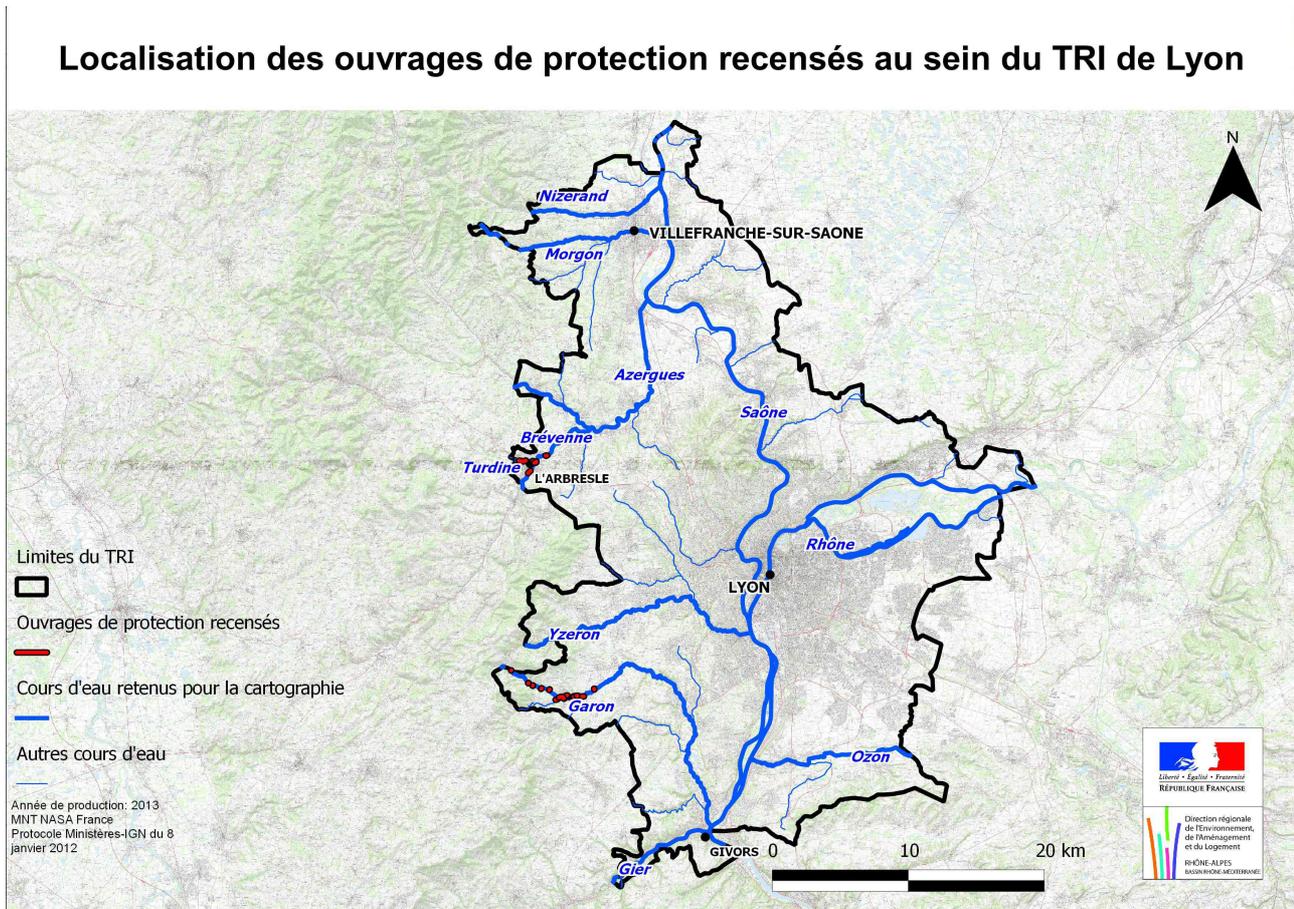


Illustration IV.2: Ouvrages de protection contre les inondations recensés dans le TRI de Lyon / DREAL Rhône-Alpes

Les services consultés pour recenser les ouvrages sur le TRI de Lyon sont :

- le Service d’Information sur les OUvrages Hydrauliques de la DREAL Rhône-;
- Les données du Référentiel des Obstacles à l’Ecoulement de l’ONEMA ;
- les services police de l’eau des DDT

3.2. Cartes des surfaces inondables par les débordements du Rhône

A la variété des scénarios climatiques et hydrologiques régissant la formation des crues du Rhône correspondent des conditions de propagation également variées. De plus les affluents sont nombreux et importants. Au total, la dynamique des crues sur le bassin du Rhône ne relève pas d’un simple et unique schéma. En revenant à un découpage par grands tronçons, on peut en présenter les traits principaux.

Sur le Rhône supérieur, en aval du Léman, la propagation de la crue est considérée comme semi-rapide. Les affluents alpins réagissent rapidement aux précipitations et l’augmentation des débits se répercute en quelques heures dans le Rhône. La crue se forme en une demi-journée après les épisodes de pluie sur le secteur le plus en amont. On notera cependant que la plaine de Chautagne et le lac du Bourget écrètent jusqu’à 500 m³/s sur un débit de 3000 m³/s du Rhône supérieur. Au niveau de la confluence de l’Ain, la crue arrive dans les 24 heures et continue à progresser durant une demi-journée, après avoir été à nouveau écrétée, pour des débits supérieurs à 1500m³/s, dans la plaine de Brangues-Le Bouchage. La crue combinée du Rhône et de l’Ain arrive ensuite à Lyon en moins de 12 heures. Cette relative rapidité de la

propagation des crues limite la durée de la phase la plus critique qui ne se prolonge en général pas au-delà de 2 jours à Lyon.

A l'aval de Lyon la crue semi-rapide du Rhône et la crue très lente et prolongée de la Saône se rassemblent pour se propager avec une double dynamique, souvent plus rapide dans un premier temps, puis plus lente dans un deuxième temps. Avant d'arriver à Valence, l'Isère et les affluents venant du Massif Central apportent chacun une nouvelle composante à la crue du Rhône en fonction des précipitations qu'ils ont reçues. Le débit de base met environ 12 heures à se propager entre Lyon et Valence, mais il peut être augmenté en quelques heures par celui des affluents de la rive droite et en une demi-journée par celui de l'Isère.

En descendant la vallée, la dynamique de la crue, tributaire des réactions des affluents méridionaux, se complexifie. On peut distinguer trois principales configurations.

- la première voit les crues formées entre Lyon et Valence s'atténuer vers l'aval quand les bassins des affluents ont été faiblement arrosés.
- la configuration qui produit des crues généralisées correspond à des apports répartis le long du cours. C'est la crue d'Octobre 1993 et celle de Mai 1856, avec toutefois un phénomène plus complexe comprenant plusieurs ondes de crue.
- la dernière configuration correspond à une production prépondérante des affluents du cours aval. Elle peut s'observer à partir de débits faibles du Rhône à Lyon, la crue se formant essentiellement dans le cours aval (scénario des crues de 2002 et 2003). Les crues des affluents sont souvent décalées dans le temps mais elles contribuent à augmenter les débits propagés.

Sur le cours du Rhône aval, en dehors des crues qui se propagent sans renforcement depuis Lyon-Valence en pratiquement 2 jours, les réactions se manifestent dans le Rhône en une douzaine d'heures après les épisodes de pluie.

Principaux secteurs hydrographiques du Rhône

Secteur	Affluents et zones impactant fortement le régime du Rhône	Affluents et zones d'expansion	Nœuds hydrographiques
Rhône-amont du Léman au Fier	L'Arve		Confluence Fier
Rhône-amont du Fier au Guiers	Le Fier – Plaine de Chautagne		Confluence Guiers
Rhône-amont du Guiers à l'Ain	Le Guiers – Plaine de Brangues-Le Bouchage		Confluence Ain
Rhône-amont de l'Ain à la Saône (Lyon)	L'Ain – Plaine de Miribel-Jonage		Confluence Saône
Rhône-moyen de la Saône à l'Isère	La Saône, affluents du Pilat		Confluence Isère
Rhône-moyen de l'Isère à l'Ardèche	L'Isère, le Doux, L'Eyrieux, la Drôme - Plaine de Donzère-Mondragon		Confluence Ardèche
Rhône-aval de l'Ardèche à la Durance	L'Ardèche, la Cèze, l'Ouvèze – Plaine de Caderousse, Ile de la Barthelasse		Confluence Durance
Rhône-aval de la Durance au Gard	Le Gard		Confluence Gard
Rhône-aval, secteur du Delta	Plaines de Vallabrègues-Boulbon, de Beaucaire-Fourques, de Tarascon-Arles, Camargue		Mer Méditerranée

La chronologie des crues historiques du Rhône fait apparaître plusieurs phases de répétition des crues fortes et elle fait ressortir plusieurs événements très intenses qui ont été décrits par Maurice Champion notamment :

Crues historiques décrites	Régime hydroclimatique	Inondations
Novembre 1840	Crue généralisée provoquée par deux vagues de pluies océaniques et méditerranéennes extensives, avec très forte contribution de la Saône	Débordements généralisés sur l'ensemble du Rhône en aval de Lyon
Mai-juin 1856	Crue généralisée provoquée par une conjonction de pluies océaniques et méditerranéennes extensives	Débordements généralisés, notamment à Lyon, Avignon et en Camargue suite à des ruptures de digues
Novembre 1935	Crue à forte composante méditerranéenne extensive impactant surtout le Rhône aval	Débordements plus importants en allant vers l'aval, notamment à Avignon
Février 1990	Crue océanique sur le Rhône-amont avec composante nivale	Débordements généralisés jusqu'à la confluence de l'Ain, puis débordements importants en amont de Lyon
Octobre 1993	Crue océanique résultant de l'accumulation des crues modérées des affluents	Débordements dans les principales zones d'expansion du Rhône en aval de Lyon et par ruptures de digues du Petit-Rhône
Janvier 1994	Crue océanique modérée renforcée en aval suite aux pluies localement fortes sur la Drôme ou la Durance	Débordements dans les principales zones d'expansion du Rhône en aval de Lyon et par ruptures de digues du Petit-Rhône
Décembre 2003	Crue méditerranéenne extensive formée uniquement par les apports des affluents de Lyon à la mer	Débordements dans les principales zones d'expansion du Rhône en aval de Montelimar et par ruptures de digues sur le Rhône-aval (inondation d'Arles et de la rive gardoise en aval de Beaucaire)

Pour plus de détails sur les événements historiques, on pourra se reporter à l'Évaluation Préliminaire des Risques d'Inondation (unité de présentation Rhône).

Études et méthodes mobilisées

Le Rhône bénéficie d'une somme de connaissances importantes sur son fonctionnement. On citera en premier les travaux de Maurice Pardé (Le régime du Rhône, Lyon, 1925) qui représente une référence scientifique incontournable sur le fonctionnement hydrologique du Rhône et sur les paramètres des crues historiques du XIXème siècle et du début du XXème. Ensuite, le Rhône a fait l'objet d'études hydrauliques détaillées dans le cadre de la réalisation des aménagements hydroélectriques de la CNR entre les années 1940 et 1960. Plus récemment, suite aux crues importantes des années 1990, l'Étude globale sur le Rhône (1999-2002) avait pour objet d'élaborer une stratégie de gestion du Rhône. Elle comprend les volets hydrologique, hydraulique, transport solide et enjeux qui ont chacun produit des données et des analyses consolidées sur l'ensemble du Rhône français.

Le travail de cartographie de l'aléa attendu sur les TRI de Lyon, Vienne, Valence, Montélimar et Avignon repose sur une méthode commune et homogène sur le Rhône qui comporte trois étapes (seul le TRI d'Arles fait l'objet d'une méthode spécifique du fait de la configuration deltaïque particulière).

1. Traitements statistiques des données historiques pour déterminer les scénarios hydrologiques des crues faible, moyenne et extrême

Les séries de cotes et débits des crues du Rhône sont connues durant des intervalles de temps variables selon les stations à Pougny, Bognes, Lagnieu, et Lyon-Perrache, sur le Rhône-amont, puis à Ternay, Valence, Viviers, Avignon (Roquemaure), et Beaucaire-Tarascon sur le Rhône-aval.

PLUS FORTES CRUES ANNUELLES DU RHONE AMONT										
RANG	POUGNY 1925-2002		BOGNES 1853-2002		LAGNIEU 1891-2002			LYON MORAND 1900-2001		
	Date	Q en m3/s	Date	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s
1	01/01/1944	1520	20/01/1905	2000	16/02/1990	6.02	2445	24/11/1944	6.02	4250
2	15/11/2002	1410	20/01/1910	2000	11/11/1944		2400	16/02/1928	6.10	4150
3	14/05/1999	1300	23/12/1918	1920	25/12/1918		2100	25/12/1918	5.90	3900
4	22/09/1968	1280	03/10/1888	1900	22/01/1910		2090	26/02/1957	5.22	3700
5	08/07/1980	1250	30/05/1856	1800	16/02/1928		2025	21/01/1910		3550
6	01/01/1954	1230	25/09/1863	1800	16/01/1899		1995	12/02/1945	5.00	3420
7	01/01/1951	1220	06/08/1914	1700	18/01/1955		1950	28/12/1925	5.00	3250
8	15/10/1981	1200	15/02/1990	1685	26/02/1957		1820	16/02/1990	3.70	3230
9	01/01/1952	1170	19/10/1855	1640	23/11/1992	4.83	1797	30/12/1923	4.95	3210
10	01/01/1950	1150	24/05/1878	1625	27/09/1927		1785	19/01/1955	4.56	3150
11	01/01/1955	1150	15/01/1899	1550	13/10/1988		1784	01/03/1914	4.98	3120
12	14/02/1990	1145	26/09/1896	1540	17/11/2002	4.60	1775	14/11/1950	4.53	3060
13	01/01/1927	1140	24/11/1944	1525	09/10/1993	4.77	1750	20/11/1939	4.45	2920
14	29/06/1974	1130	25/09/1927	1520	27/09/1896		1720	09/10/1993	3.43	2825
15	01/01/1960	1120	15/11/2002	1500	30/12/1923		1645	01/12/1913	4.58	2810
16	29/06/1970	1110	04/11/1859	1500	22/12/1991		1644	17/11/2002	3.29	2800
17	01/01/1930	1100	15/06/1889	1500	23/03/2001	4.38	1626	05/01/1936	4.30	2800
18	01/01/1936	1090	22/09/1968	1500	19/11/1939		1585	27/09/1927	4.32	2760
19	16/05/1983	1090	06/01/1982	1490	27/12/1916		1585	04/09/1956	4.05	2760
20	08/07/1996	1085	06/08/1875	1470	08/08/1914		1585	01/02/1916	4.45	2750
21	08/06/1987	1075	14/07/1879	1470	12/02/1977		1580	23/11/1992	3.30	2745
22	10/10/1988	1075	16/05/1983	1450	08/05/1933		1580	23/12/1991	3.08	2683
23	22/03/2001	1074	27/12/1882	1440	08/05/1932		1580	06/10/1935	4.12	2670
24	01/01/1982	1070	09/02/1955	1430	04/02/1897		1575	16/11/1940	4.08	2670
25	01/01/1946	1060	18/05/1877	1420	01/01/1952		1575	10/04/1922	4.25	2660
26	10/02/1977	1050	26/12/1916	1400	22/06/1987		1564	06/03/1931	4.15	2660
27	06/10/1993	1046	07/09/1946	1390	27/02/1995		1564	17/05/1983	3.48	2645
28	01/01/1931	1037	24/04/1880	1380	17/05/1983		1562	31/03/1902		2620
29	17/07/1973	1020	15/10/1981	1380	28/12/1925		1560	13/12/1961	3.85	2620
30	01/01/1943	1000	25/02/1957	1370	31/03/1902		1555	14/03/2001	3.02	2550

ATTENTION Toutes les dates commençant par 01/01 sont incertaines en ce qui concerne le jour et le mois

PLUS FORTES CRUES ANNUELLES DU RHONE AVAL															
RANG	TERNAY 1895-2001			VALENCE 1855-2001			VIVIERS 1910-2001			AVIGNON (1845-1994)			BEAUCAIRE 1856-1999		
	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s
1	26/02/1957		5320	31/05/1856	7.00	8300	09/10/1993	4.85	7715	03/12/2003		10700	04/12/2003		11500
2	16/02/1928		5120	01/11/1896	6.11	7400	02/12/2003	4.92	7700	31/05/1856	7.83	10400	31/05/1856	7.95	11640
3	01/01/1955		5075	08/10/1993	5.30	6700	07/01/1994		7588	08/01/1994	7.20	9000	08/01/1994		11006
4	26/11/1944		4850	11/11/1886	5.77	6620	17/11/2002	4.71	7500	14/11/1935	7.32	8710	12/11/1886	7.55	10200
5	02/11/1896		4830	26/11/1944	5.75	6620	21/11/1951		6660	30/09/1900	6.94	8650	10/10/1993		9800
6	25/12/1918		4830	16/11/2002	5.22	6600	14/06/1941		6470	22/11/1951	7.27	8270	14/11/1935	7.68	9600
7	23/03/2001	5.84	4780	17/02/1928	5.66	6480	20/01/1955		6320	10/10/1907	6.83	8270	22/11/1951	7.64	9170
8	27/05/1983		4756	19/01/1955	5.70	6300	27/11/1944		6180	09/10/1993	6.39	8200	21/10/1872	6.87	9080
9	05/01/1936		4700	26/12/1918	5.54	6100	23/03/2001	3.96	6162	12/11/1886	6.55	8125	02/11/1896	7.00	9060
10	12/02/1945		4690	03/01/1883		6040	13/11/1935		6000	02/11/1896	6.64	8115	13/11/1996		8981
11	17/11/2002	5.67	4613	23/03/2001	4.88	6022	18/02/1928		5975	07/12/1910	6.43	7925	30/09/1900	7.08	8940
12	30/12/1923		4570	06/01/1936	5.40	5830	28/02/1957	4.00	5900	21/10/1872	6.26	7820	01/01/1889	6.83	8780
13	10/10/1993	5.73	4417	18/05/1983	4.65	5690	11/12/1954		5860	06/01/1919	6.68	7725	11/11/1976		8690
14	21/01/1910		4380	27/02/1957	5.40	5680	19/05/1983	3.77	5850	19/10/1846	5.80	7440	08/12/1910	7.02	8660
15	17/02/1990	5.65	4354	31/12/1923	5.30	5630	07/01/1936		5800	29/10/1882	6.07	7265	10/11/1907	6.83	8500
16	23/11/1992	5.64	4309	02/12/2003	4.60	5600	13/11/1996		5795	22/12/1958	6.70	7110	29/10/1882	6.60	8390
17	16/01/1899		4230	13/11/1935	5.23	5470	05/01/1919		5770	11/11/1976	6.00	7080	06/01/1919	6.80	8280
18	19/12/1981		4186	05/01/1919	5.19	5450	26/12/1918		5725	15/04/1847	5.37	7040	24/10/1977		8125
19	01/01/1919		4160	28/10/1882	5.18	5440	01/12/1910		5720	09/11/1982	5.70	7010	28/10/1864		8100
20	12/02/1977		4105	07/01/1994	4.48	5380	10/10/1988		5655	08/10/1960		6950	09/11/1982		8025
21	14/11/1935		4100	18/12/1981	4.20	5376	04/05/1977		5480	28/10/1864	5.70	6920	19/12/1997		8020
22	06/11/1939		4090	23/11/1992		5328	23/11/1992		5464	29/11/1944	6.40	6750	08/10/1960	6.98	7960
23	08/01/1982		4045	18/01/1899	5.10	5300	20/11/1950		5460	22/01/1955	6.49	6710	22/12/1958		7920
24	23/02/1999	5.22	4040	11/04/1922	5.07	5280	23/03/1937		5400	03/01/1936	6.39	6570	21/05/1917	6.56	7850
25	28/12/1925		4030	02/06/1877		5235	06/10/1960		5390	12/10/1988		6450	03/01/1936	6.82	7820
26	05/09/1956		3960	20/12/1910	5.06	5220	18/11/1940		5390	22/04/1848	5.25	6445	23/10/1891		7800
27	12/04/1922		3940	01/01/1924		5220	15/02/1945		5375	22/10/1891	5.55	6400	27/02/1978		7800
28	26/02/1995	5.05	3883	15/03/1876	5.02	5200	08/05/1932		5375	09/12/1977	5.67	6360	06/10/1924		7600
29	09/03/1914		3870	17/02/1990		5189	31/12/1923		5375	07/11/1963	6.36	6320	21/10/1855		7550
30	27/11/1950		3840	03/11/1859		5160	17/02/1990		5345	30/10/1853	5.18	6290	04/11/1914		7480
31				01/04/1902		5120	14/03/1931		5340						

ATTENTION Toutes les dates commençant par 01/01 sont incertaines en ce qui concerne le jour et le mois

L'importance relative de ces événements s'évalue en les comparant aux données statistiques qui sont régulièrement exploitées. Sur le Rhône, les stations limnimétriques permettent de connaître les hauteurs d'eau depuis plus de cent ans et les débits sur des périodes variables. Les calculs statistiques effectués sur ces données permettent d'évaluer les probabilités d'occurrence des crues et d'établir les débits des crues caractéristiques.

On qualifie de crue décennale et de crue centennale les crues qui ont respectivement une chance sur 10, et une chance sur 100, d'être atteintes ou dépassées chaque année. Ces crues théoriques sont essentielles pour estimer la rareté de crues historiques constatées.

Station Débit (m ³ /s)	Pougny	Bognes	Seysssel	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Beaucaire -Tarascon
Débit de la crue caractéristique décennale (Q10)	1180	1450	1430	1720	1810	3120	4450	5620	6100	8400
Débit de la crue caractéristique centennale (Q100)	1470	1920	1940	2150	2400	4230	6000	7510	8120	11300
Débit de la crue caractéristique exceptionnelle	1800	2375	2450	2570	2970	5310	7310	9370	10100	14160

Illustration IV.3: Débits caractéristiques issus du volet Hydrologie de l'Etude globale Rhône (EGR)

L'actualisation de l'hydrologie EGR (datant de 2000) est réévaluée sur les stations du Rhône-aval de Viviers et Beaucaire pour intégrer la série des années 2000 à 2012 comprenant plusieurs crues, dont celle de 2003. Compte tenu de l'importance de la série disponible en 2000, il n'est toutefois pas attendu une évolution notable des débits caractéristiques mentionnés plus haut.

En application de la circulaire du 16 juillet 2012 relative à la mise en œuvre de la phase « cartographie » de la directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, trois scénarios hydrologiques sont définis sur le Rhône :

- **crue faible** : scénario hydrologique Q 30 homogène sur chaque TRI ;
- **crue moyenne** : scénario hydrologique d'une crue généralisée type 1856 (scénario lissé pour qu'il soit homogène sur chaque TRI) qui correspond à une période de retour entre 100 et 200 ans selon les secteurs. A l'amont immédiat de Lyon, c'est la crue historique de 1944 qui est retenue avec une période de retour proche de la centennale. La crue moyenne correspond à la crue de référence des Plans de prévention des risques d'inondation (PPRi) ;
- **crue extrême** : scénario hydrologique d'une crue millennale.

Exemple de détermination du scénario hydrologique de la crue moyenne :

La première étape a consisté à affiner le scénario hydrologique de la crue de 1856. En effet, les données de référence pour cette crue sont établies uniquement aux principales stations historiques de Givors, Valence, Viviers et Beaucaire, ainsi que sur les principaux affluents : Arve, Ain, Saône, Isère, Eyrieux, Drôme, Ardèche, Durance. Le scénario de crue correspondant (« Pardé-brut ») a la particularité de comprendre des crues de l'Isère et de la Drôme particulièrement fortes, comparativement à celle d'affluents comme l'Eyrieux, l'Ardèche et la Durance. Par ailleurs, ce scénario ne permet pas de répartir les apports d'autres affluents importants comme le Doux, la Cèze, le Roubion ou même le Gard.

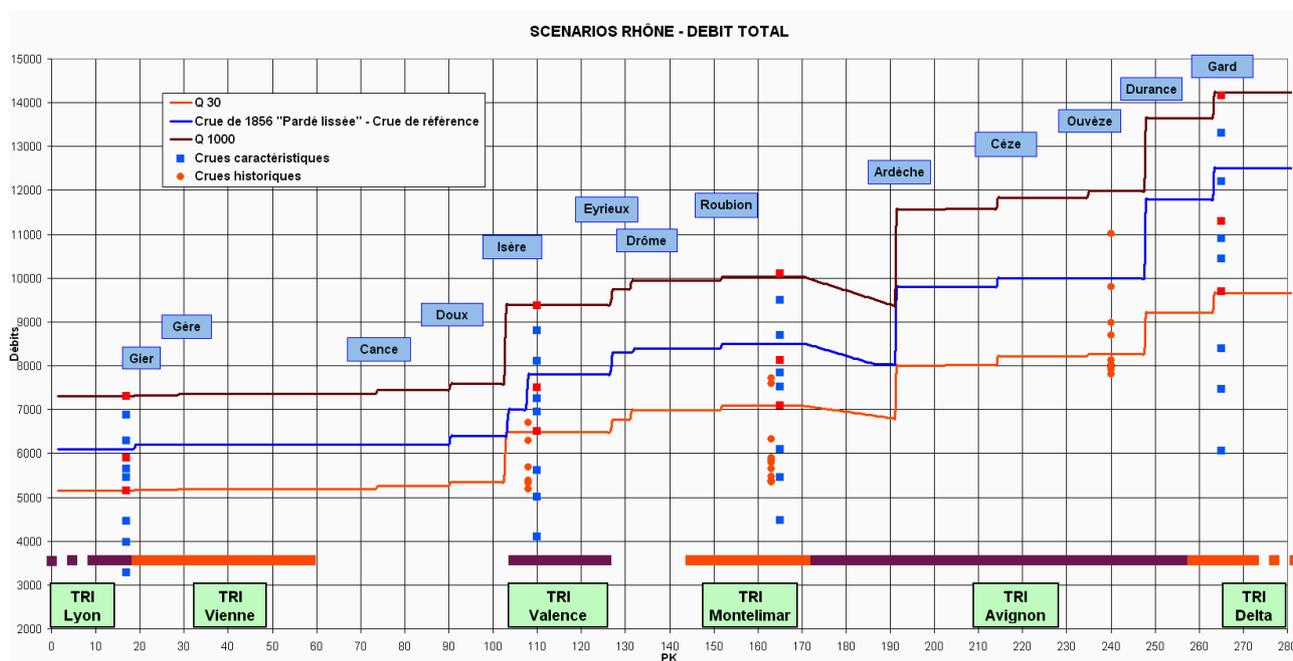
Pour pouvoir calculer la ligne d'eau de cette crue en situation actuelle, un scénario de crue plus complet a donc été reconstitué. Il s'agit d'un scénario de crue équivalent en importance (dit « 1856 Pardé-lissé » par la suite), construit en partant du débit historique de 6100m³/s à la confluence Rhône-Saône pour obtenir le débit historique de 12500m³/s à Beaucaire :

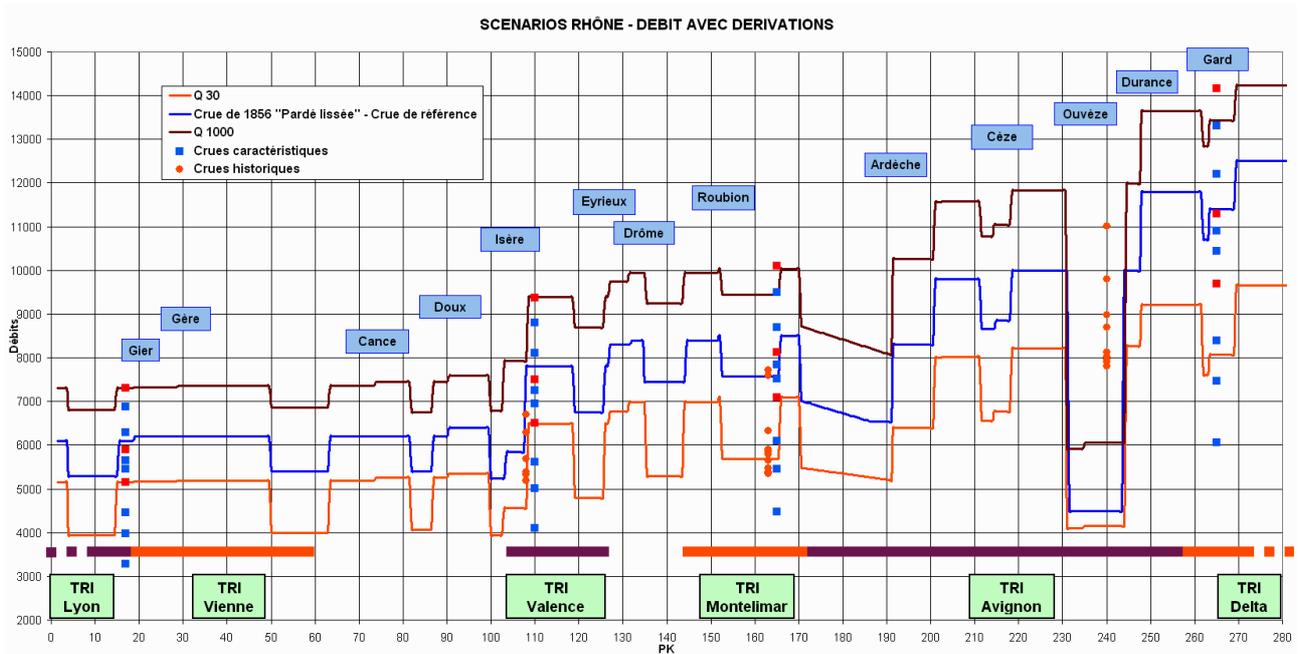
- en intégrant des débits davantage proportionnels aux débits caractéristiques pour chacun des affluents principaux,
- en proposant une répartition des apports plus équilibrée hydrologiquement que dans le scénario « Pardé-brut ».

Le tableau et le graphique suivant montrent comment évoluent, d'amont en aval, les débits des trois

scénarios de crue à chaque confluence importante avec l'indication de l'apport de ces affluents principaux.

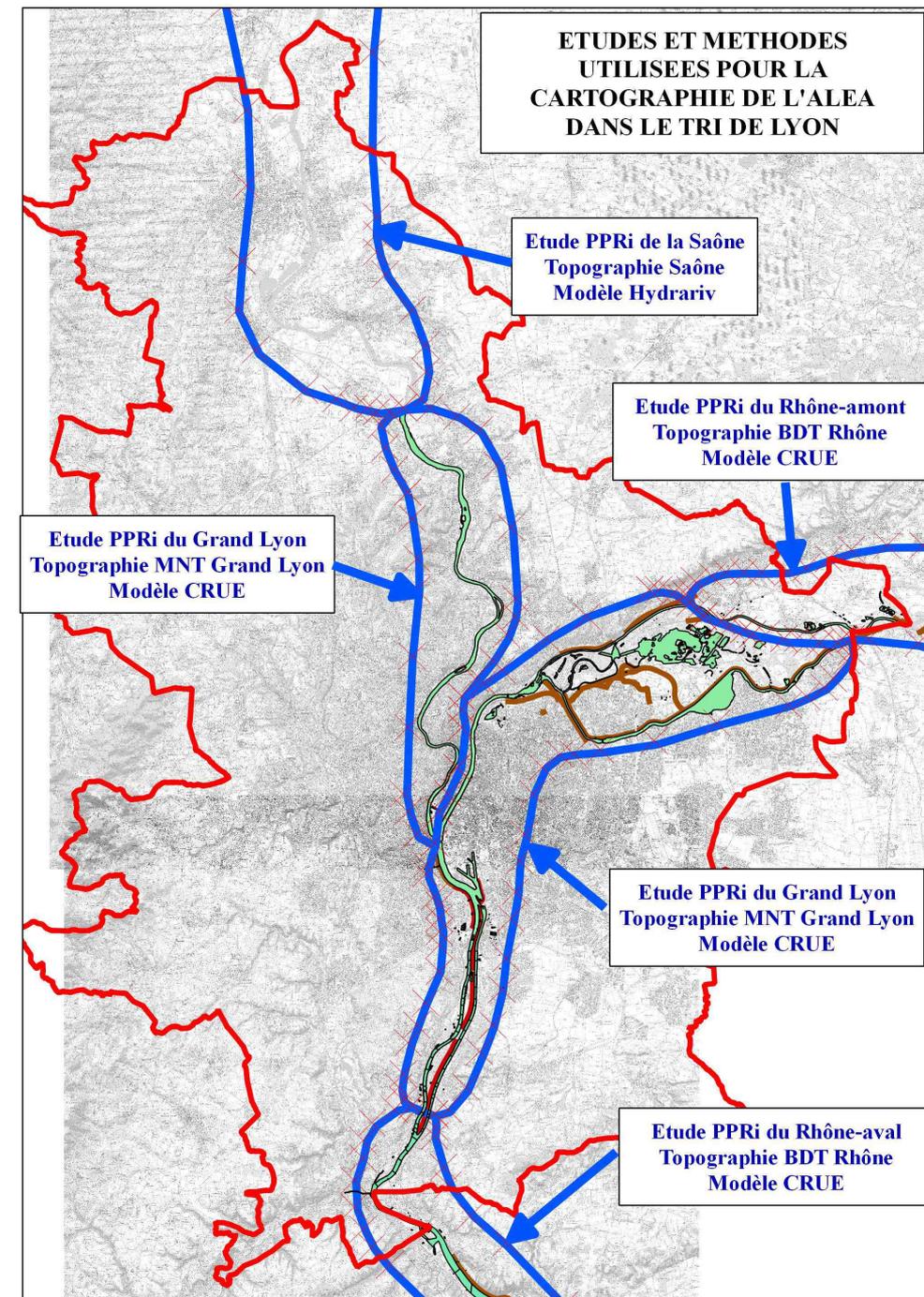
Station Débit (m ³ /s)	Lyon Perrache Lyon Pont-Morand	Ternay	Valence	Viviers	Beaucaire-Tarascon
Débit de la crue faible	3650 / Q30	5150 / Q30	6500 / Q30	7100 / Q30	9650 / Q30
Débit de la crue moyenne – 1856	4230 / Q30	6100 / Q130	7800 / Q150	8500 / Q160	12 500 / Q230
Débit de la crue exceptionnelle	5300 / Q1000	7300 / Q1000	9400 / Q1000	10 000 / Q1000	14 150 / Q1000





Les aménagements hydroélectriques CNR sont caractérisés par leur débit d'équipement ou débit total turbinable. En crue, il est possible de faire transiter la quasi-totalité de ce débit dans le canal usinier (sauf cas particuliers comme dans l'aménagement de Donzère ou l'aménagement de Vallabrègues). Cependant il est nécessaire de considérer des hypothèses de fonctionnement dégradé, comme cela a été fait pour définir l'aléa de référence. Les hypothèses prises consistent à limiter les débits dérivés dans les canaux usiniers proportionnellement au débit de la crue : 70 % pour la crue faible, 50 % pour la crue moyenne et 30 % pour la crue exceptionnelle.

La carte suivante présente les méthodes et études utilisées pour cartographier l'aléa Rhône et l'aléa Saône sur le TRI de Lyon.



2. Le recours à un modèle hydraulique 1D à casiers pour calculer la ligne d'eau en lit mineur

Pour chaque scénario hydrologique qui renseigne la progression des débits de l'amont à l'aval, les niveaux d'eau en lit mineur sont calculés à partir d'un modèle hydraulique produisant les trois lignes d'eau des crues faible, moyenne et extrême selon des profils du Rhône espacés de 100 m environ. Le calcul des lignes d'eau en lit mineur a été effectué en utilisant le modèle calé pour l'Étude Globale sur le Rhône, avec des hypothèses de fonctionnement dégradé des aménagements hydroélectriques en période de crue (précisées pour chaque scénario précédemment).

Ce modèle hydraulique disponible permettant de calculer les lignes d'eau de crue est celui qui est mis en œuvre et actualisé par la CNR depuis l'entrée du Rhône en France jusqu'au barrage de Vallabrègues. Dans le cadre de la convention d'utilisation partagée de ce modèle entre la CNR et l'Etat, les services de l'Etat (DREAL Rhône-Alpes) procèdent aux modélisations nécessaires pour définir les lignes d'eau des trois scénarios de crue Q 30, Q1856 et Q1000. Il s'agit d'un modèle filaire à casier (1D) utilisant le code de calcul CRUE de la CNR. Il est régulièrement actualisé par la CNR en intégrant notamment les données bathymétriques qui sont régulièrement relevées ainsi que les données hydrauliques (mesures de débits).

De Beaucaire à la mer, le modèle disponible est celui qui a été mis en œuvre pour le volet hydraulique de l'Etude globale sur le Rhône par le bureau d'étude Egis-Eau. Il s'agit également d'un modèle à casier 1D qui utilise le code de calcul STREAM développé par Egis-Eau.

Ces deux modèles ont été actualisés après la crue de décembre 2003 sur le secteur en aval de Viviers.

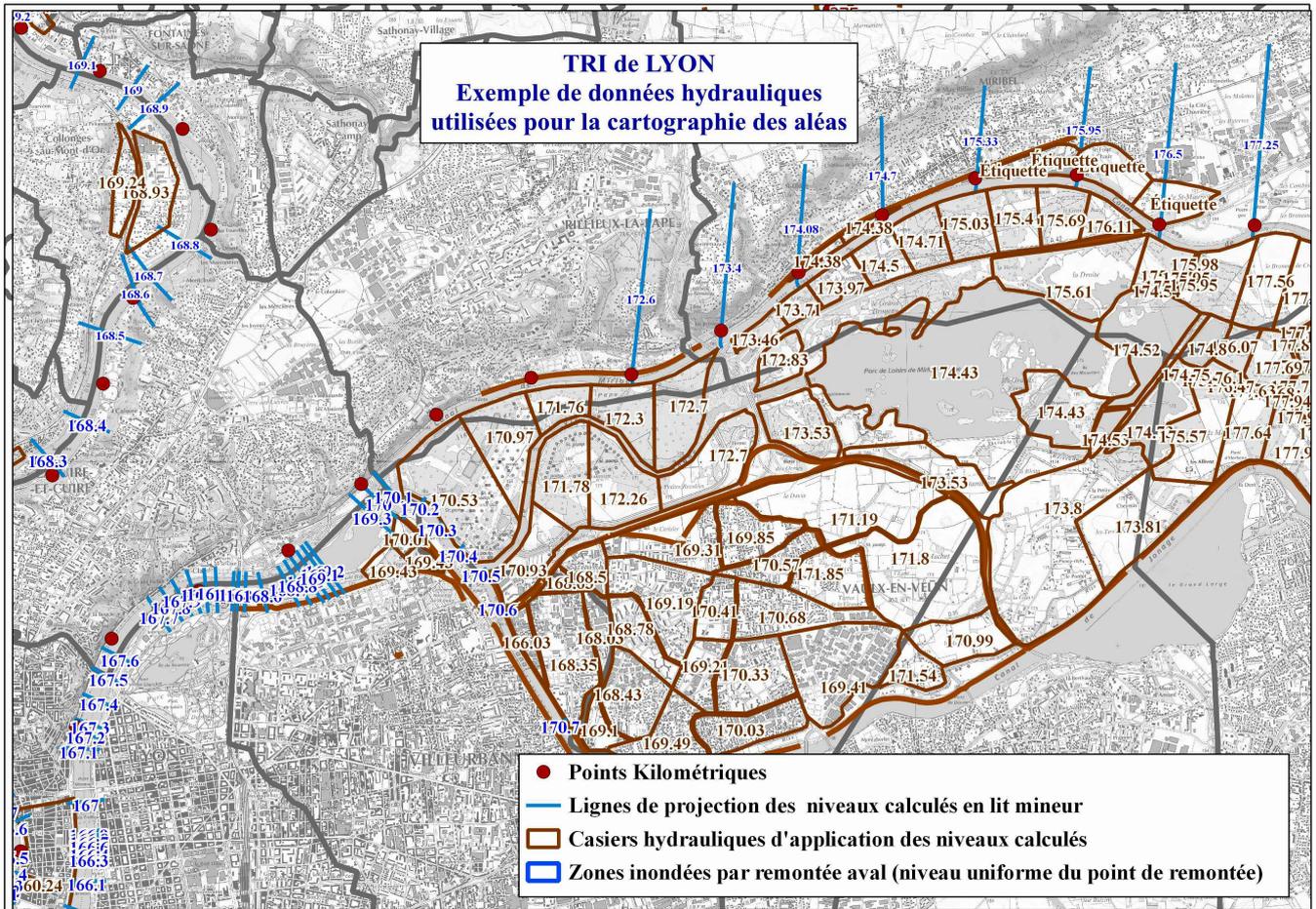
Considérations sur les modèles hydrauliques : ces modèles sont construits à partir des données topographiques et bathymétriques disponibles. Les modèles sont calés, après construction, sur les relevés effectués pendant une crue. Ainsi, un nouveau modèle serait calé sur les mêmes observations que celles qui ont été utilisées pour les modèles existant et les résultats de calcul seraient très voisins. Par ailleurs, la construction et le calage d'un nouveau modèle représente une opération longue, également tributaire de la disponibilité des données. Ceci a justifié que les résultats des modèles existants soient retenus comme suffisamment représentatifs des conditions actuelles d'écoulement. Par ailleurs, les résultats de ces calculs, qui correspondent à chaque scénario hydrologique et à des hypothèses de calcul bien précis, doivent être utilisés de manière raisonnée. Les cartographies de l'aléa sont en effet élaborés dans un objectif de prévention et n'ont pas pour objet la prédiction exacte des phénomènes de crues.

3. Par croisement avec la topographie, détermination de l'enveloppe inondable dans le lit majeur et les hauteurs d'eau

Le modèle hydraulique existant sur le Rhône est d'abord construit pour la gestion du lit mineur ; il calcule une ligne d'eau en de nombreux profils du lit mineur, et uniquement des niveaux moyens dans les casiers d'inondation. Ces casiers d'inondation sont construits pour représenter correctement les volumes dans le lit majeur. Du fait de leur taille adaptée à la modélisation de grands linéaires du Rhône, ils ne permettent pas de tracer directement l'enveloppe de la zone inondable, car les données calculées ne renseignent pas sur les pentes de niveau d'eau à l'intérieur de ces casiers.

L'aléa des crues faible, moyenne et extrême est obtenu par projection horizontale de la ligne d'eau en lit mineur sur le lit majeur pour délimiter la zone inondable en utilisant les données topographiques disponibles. Cette projection est réalisée en prenant en compte le fonctionnement hydraulique (intrados ou extradados, largeur de la zone d'expansion), ainsi que les zones partiellement protégées par des ouvrages où l'inondation se produit par remontée depuis un point de débordement situé en aval. Le mode de projection horizontale constitue une hypothèse correspondant à une crue de longue durée, ce qui se justifie par les objectifs de prévention de la cartographie de l'aléa.

D'aval en amont du TRI, les cartes ci-dessous présentent la ligne d'eau en lit mineur pour chaque scénario dont l'altitude est renseignée à chaque profil, représenté par les droites de projections qui permettent de déterminer l'enveloppe inondable de référence à partir du croisement entre ces niveaux d'eau et la topographie, ainsi les casiers dont le niveau d'eau est également renseigné.



Le croisement entre les droites de projection de la ligne d'eau en lit mineur et la topographie fournie par la base de données topographiques du Rhône de l'IGN de 2010 (précision du MNT : 1 point tous les 2 m et précision à 20 cm sur la cote z) ou par le MNT utilisé pour la cartographie du PPRi dans les secteurs non couverts par la BDT Rhône permet de déterminer avec une grande précision les hauteurs d'eau en tout point de l'enveloppe inondable. Pour le Rhône, les crues sont relativement lentes et les vitesses d'écoulement sont significatives dans le « lit majeur actif » comprenant l'espace de mobilité récent (géologiquement) du Rhône, mais les vitesses d'écoulement deviennent moins importantes dans les zones fonctionnant comme des casiers d'inondation et a fortiori dans les zones de remontée par l'aval. Par ailleurs, les modèles 1D ne calculent pas les vitesses en tous points du lit mais uniquement des vitesses moyennes aux profils et aux liaisons entre casiers. On ne recherche donc pas à prendre en compte la vitesse d'écoulement des eaux comme un facteur aggravant. L'aléa est représenté selon 4 classes de hauteur :

- 0-0,5m ;
- 0,5-1m ;
- 1-2m ;
- supérieur à 2 m.

Ouvrages pris en compte

Conformément à la doctrine Rhône et à la circulaire de juillet 2012, les secteurs endigués restent exposés au risque d'inondation pour les crues moyennes et extrêmes du fait des possibles surverses voire des

ruptures des ouvrages de protection.

Pour la crue faible, en l'absence d'une expertise sur l'ouvrage, le même principe est appliqué.

L'aléa est d'abord qualifié et affiché hors ouvrage de protection, comme si la digue n'existait pas (projection horizontale de la ligne d'eau lit mineur dans le lit majeur).

Le sur-aléa lié au risque de défaillance de l'ouvrage en cas de rupture est ensuite pris en compte sous la forme d'une bande de sécurité en arrière immédiat de la digue où l'aléa est considéré comme fort. La largeur de cette bande dépend de la différence de hauteur entre la cote de référence dans le lit mineur et le terrain naturel :

- 100 mètres de large si cette différence est inférieure à 1.50 mètres ;
- 150 mètres de large si cette différence est comprise entre 1.50 et 2.50 mètres ;
- 250 mètres de large si cette différence est comprise entre 2.50 et 4 mètres ;
- 400 mètres si cette différence est supérieure à 4 mètres.

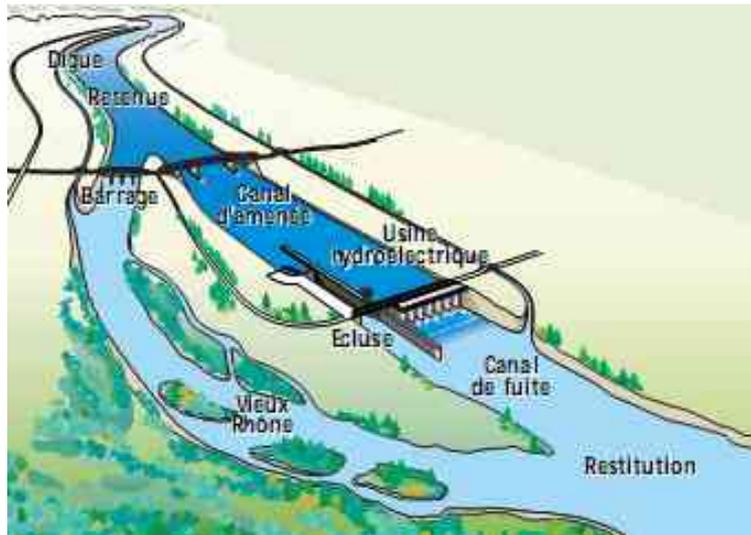
Cas particulier des aménagements hydroélectriques de retenue

La morphologie du fleuve Rhône a beaucoup évolué du fait des aménagements multiples qui se sont succédés au cours du temps, on rappellera : les ouvrages de protection des villes (alignement de quais) réalisés après la crue de 1856, les épis Girardon chargés, à partir des années 1880, d'améliorer la navigation fluviale ou encore les aménagements hydroélectriques de la Compagnie nationale du Rhône après la Seconde Guerre mondiale. Le linéaire rhodanien est aujourd'hui en grande partie artificialisé, à l'image des 19 aménagements hydroélectriques exploités par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) qui jalonnent le fleuve depuis Génissiat après la frontière Suisse jusqu'à Vallabrègues, à l'amont du delta de Camargue. Le barrage de Génissiat, le plus en amont du Rhône français, est un barrage réservoir de 70 mètres de hauteur et d'une capacité totale de 53 millions de m³ (capacité utile de 12 millions de m³) qui barre totalement le lit du fleuve. Les autres ouvrages fonctionnent au fil de l'eau avec des dérivations vers les usines hydroélectriques pour tous les aménagements sauf celui de Vaugris qui ne comporte pas de dérivation. Par conséquent, si les crues historiques antérieures aux aménagements de la CNR nous enseignent certaines leçons de l'histoire longue des crues du Rhône, elles ne peuvent pas être utilisées comme des événements de référence qui pourraient se reproduire à l'identique aujourd'hui.

Il faut ajouter à ces équipements les aménagements hydroélectriques importants réalisés sur des affluents. Aucun de ces aménagements n'a de fonction de rétention des crues. Ainsi, les consignes de gestion en période de crue sont basées sur le maintien de la sécurité de ces aménagements. Selon le niveau de remplissage de la retenue avant un épisode de crue, cette gestion peut permettre de stocker une partie des débits entrant jusqu'au niveau maximal d'exploitation. Ensuite, les aménagements ont la capacité d'évacuer vers l'aval l'intégralité du débit entrant dans l'aménagement. Les principaux aménagements hydroélectriques des affluents du bassin du Rhône (Vouglans sur l'Ain, Tignes et Monteynard sur le bassin de l'Isère, Serre-Ponçon et Sainte-Croix sur la Durance) interceptent moins de 10 % du bassin versant du Rhône ; ils peuvent avoir une influence sur les crues faibles du Rhône mais ils n'ont qu'une influence limitée sur les crues importantes du Rhône.

L'impact des **19 aménagements hydroélectriques sur le Rhône** (18 aménagements de la Compagnie Nationale du Rhône et 1 aménagement EDF) sur le déroulement des crues n'est pas significatif, les consignes de conduite des aménagements étant basées sur les paramètres de la propagation naturelle avec un débit maximum admissible dans le canal usinier (débit d'équipement de l'usine hydroélectrique et débit des déchargeurs selon les aménagements) et un abaissement progressif du barrage dès les faibles crues pour faire passer le débit complémentaire.

La configuration du Rhône aménagé, conduit à distinguer le régime hydraulique des branches en retenue et des canaux usiniers de celui des branches non artificialisées : Vieux-Rhône (ou Rhône court-circuité) et Rhône naturel (entre deux aménagements). Les branches en retenue et les canaux usiniers répondent aux caractéristiques des barrages.



Les branches en retenue garantissent un haut degré de sécurité : protection « millennale » avec revanche de 0.5 ou 1 mètre), fonctionnement particulier (toujours en eau), encadrement réglementaire propre aux barrages, et procédures précises de surveillance et de contrôle. Conformément à la circulaire du 16 juillet 2012, les espaces situés à l’arrière de ces ouvrages sont considérés comme des espaces soustraits à l’inondation pour les trois scénarios de crue. Les espaces soustraits sont déterminés par la projection horizontale de la ligne d’eau en lit mineur de la crue extrême sur le lit majeur. Une bande de sécurité de 100 m est également représenté à l’aval des ouvrages conformément aux pratiques PPRi préconisés par la doctrine Rhône.

Les canaux usiniers ne sont pas considérés comme ayant pour effet de soustraire des espaces à l’inondation étant donné que les débits sont contrôlés dans le canal (le sur-débit de crue passant dans le Vieux Rhône). Par conséquent, les canaux usiniers ne sont pas pris en compte dans la cartographie de l’aléa pour les trois scénarios de crue.

Cartographie des événements

Les crues fréquentes, moyennes et exceptionnelles sont représentées par des crues d’occurrence équivalentes du Rhône-amont et du Rhône-aval. Les enveloppes et les classes de hauteurs d’eau qui figurent sur les cartes des aléas reprennent les données élaborées dans le cadre de l’étude pour le PPRi du Grand Lyon (SNRS 2003) avec le modèle CRUE de la CNR affiné pour cette étude.

Sur les communes de l’Ain, les enveloppes et les classes de hauteurs ont été établies spécifiquement ou pour la réalisation des PPRi selon la méthodologie exposée plus haut.

Le débit de la crue moyenne correspond à celui des crues historiques de 1944 sur le Rhône-amont et de 1856 sur le Rhône-aval.

Les débits des crues fréquente et exceptionnelle correspondent à des débits théoriques établis par l’EGR.

Scénario de crue fréquente retenu	Q 30
Scénario de crue moyenne retenu	Q 100

Scénario de crue exceptionnelle retenu	Q 1000
Modèle utilisé	Logiciel CRUE (CNR)
Données utilisées	Hydrologie EGR – Donnée 2003 MNT Grand Lyon et données BDT Rhône (communes de l’Ain)
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Précision du modèle et données de calage
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Classes de hauteur d’eau

Les zones protégées sont cartographiées pour la crue exceptionnelle en aval de la digue supportant le boulevard Laurent Bonnevey, des quais de Lyon en rive gauche, du secteur situé en amont de l’usine de Pierre-Bénite en rive gauche et du remblai de l’autoroute A7 en amont du barrage de Pierre-Bénite en rive droite.

Les autres secteurs situés à l’aval de quais ou de digues sont inondables pour cette crue exceptionnelle (secteurs de Gerland, Vaulx-en-Velin, Oullins, Pierre-Bénite) et ne font pas partie des zones protégées affichées.

3.3. Cartes des surfaces inondables par les débordements de la Saône

Le bassin versant de la Saône s’étend sur environ 30 000 km² depuis le seuil de la Lorraine, au nord, jusqu’à sa confluence avec le Rhône à Lyon. Schématiquement, le bassin peut être décomposé en plusieurs territoires homogènes :

- Le tiers nord du bassin (Vosges et Haute Saône) présente un relief marqué, traversé par la Petite Saône (nom du tronçon situé en amont de la confluence avec le Doubs).
- Le tiers des territoires situé à l’est (entre Vosges et Jura, jusqu’en Suisse) est drainé par le Doubs et ses affluents, prenant leurs sources dans des terrains karstiques très accidentés.
- A partir de la confluence entre ces deux rivières (à Verdun-sur-le-Doubs), la plaine alluviale de la Grande Saône est bordée par les bassins viticoles de Bourgogne ou Beaujolais et par les plateaux de la Bresse et les Étangs de la Dombes. Cette vallée, située au fond de l’ancien « lac bressan » du Pliocène (comblé avec les glaciations de l’ère quaternaire) comprend les agglomérations de Chalon, Mâcon, Villefranche et Lyon. Le linéaire de la Saône cartographié dans le TRI de Lyon appartient à l’extrémité méridionale de ce territoire.

Principales caractéristiques des phénomènes :

Origines climatiques :

Par sa grande étendue et la variété de ses reliefs, ce bassin versant est soumis à des climats variés :

- Les courants humides d’Ouest-Sud-Ouest, abattant des précipitations sur les Vosges et le Jura, produisent des crues océaniques, légèrement renforcées en période de fonte des neiges.
- Les épisodes de pluies intenses cévenoles ou méditerranéennes peuvent remonter et affecter les rivières du sud du bassin de la Saône .
- Les crues mixtes, où les deux phénomènes se combinent, sont à l’origine des événements les plus catastrophiques, comme les inondations de novembre 1840.

Cependant, l’analyse des crues historiques révèle l’extrême diversité des situations météorologiques responsables de l’enchaînement des épisodes pluvieux précédant la crue.

Le régime de la rivière est qualifié de pluvial océanique, il peut être très contrasté, avec des crues hivernales fréquentes (>1400 m³/s à Couzon) et des eaux estivales extrêmement basses, entretenues pour la navigation par les barrages.

Propagation des crues :

Un des caractères essentiels des crues de la Saône est leur remarquable lenteur. La taille du bassin versant implique que les crues les plus exceptionnelles ne se produisent qu’après des pluies longues et répétées (de plusieurs jours à plusieurs semaines). L’eau monte alors à une vitesse relativement faible (entre 2 et 5 centimètres par heure, au maximum 10 centimètres), et n’atteint des niveaux importants qu’après une longue période (5 à 7 jours). Les hautes eaux peuvent ainsi durer de nombreuses semaines. L’exceptionnelle horizontalité de la rivière à l’aval de la confluence avec le Doubs (5 cm/km) ralentit encore le phénomène, qui met entre 3 et 4 jours pour se propager de Verdun à Lyon. La décrue suit la même lenteur.

Champ d’expansion des crues :

Depuis plusieurs centaines de milliers d’années, les crues et leurs débordements déposent un épais lit de sédiments qui atteint aujourd’hui près de 15 m d’épaisseur dans la basse vallée. Ces dépôts successifs ont transformé la vallée de la Saône en une vaste plaine de 500 m à 5 km de large, humide et fertile. Cette vallée représente une superficie d’environ 75 000 ha pour une crue centennale, qui une fois inondée sous 1 à 2 m d’eau, peut constituer un stockage de près de 1 milliard de mètres cube d’eau, volume non négligeable par rapport aux 3.5 milliards de mètres cube transités pendant une crue telle que celle de décembre 1981. Ce champ d’expansion permet ainsi d’écarter le débit de pointe d’une telle crue de 3 130 m³/s à Chalon à 2 530 m³/s à Couzon-au-Mont-d’Or (valeurs de 1981).

Crues historiques sur le Val de Saône

Date de l'événement	Origine	Secteur touché	Observations
Crue de référence 1840	Occasionnée par des pluies diluviennes ayant couvert l’ensemble du bassin, renforcée par des orages répétitifs à l’aval et par un très fort vent du sud, la crue de 1840 est, sur la Saône, l’événement le plus important dont l’homme ait gardé la trace.	Plusieurs morts dans les villes, et plus de 2 000 maisons détruites.	De Chalon à Lyon, les records historiques de hauteur furent largement dépassés, entre 1 m et 1,5m.
Janvier 1955	Fortes précipitations sur l’est du bassin entraînant la fonte brutale des neiges et une crue concomitante de la Saône et du Doubs.	La zone la plus touchée est la confluence de la Saône et du Doubs : avec la rupture de la digue à Verjux, le village est évacué. Les bas quartiers de plusieurs communes aux alentours sont également touchés (Verdun, Allerey, Saunières, Ecuellen...). Dans certaines maisons, l’eau atteint 2.50 m. En tout dans cette zone, plus de 800 foyers et 2700 personnes sont touchés. Plus en aval, les agglomérations de Chalon, Tournus et Mâcon doivent prendre des mesures d’évacuation. Des passerelles sont installées dans	A l’amont de Verjux, les hauteurs historiques de 1840 furent dépassées et constituent aujourd’hui jusqu’à Auxonne les Plus Hautes Eaux Connues (PHEC). En terme de débit de pointe, la crue déjà bien formée à Chalon (environ 2 850 m ³ /s soit une période de retour de près de 50 ans), grossit jusqu’à Mâcon (2 900 m ³ /s – 70 ans) puis se stabilise jusqu’à Lyon (3 000 m ³ /s à l’entrée de Lyon, environ 80 ans). Compte tenu de sa rapidité, le

		<p>les rues. Les usines des bas quartiers sont arrêtées.</p> <p>En Bresse, une trentaine de villages sont cernés par les eaux.</p> <p>Plusieurs quartiers de l'agglomération lyonnaise sont cernés, plus de quarante foyers sont isolés. Sur la seule commune de Fontaines-sur-Saône, les dégâts sont estimés à plus de 10 Millions de francs de l'époque. On déplorera un mort en région lyonnaise, également touchée par la crue du Rhône.</p>	<p>volume total de cette crue à l'aval du bassin est relativement faible et estimé à 2.21 milliards de mètres cube (moitié moins que celui des crues de 1983 ou 1987).</p>
Décembre 1981	<p>Une dépression au large des cotes atlantiques et un flux d'ouest. Suite à un été et un automne pluvieux ayant saturé les sols, les précipitations du mois de décembre 1981 sont exceptionnellement élevées, deux à trois fois les moyennes normales. On ne note pas d'épisode pluvieux intense durant ce mois, mais une pluviométrie soutenue durant la 2ème décade, entre 10 et 20 mm par jour.</p>	<p>A Mâcon en plein mois de décembre 1981, 5 000 habitants du centre-ville sont privés de chauffage pendant 8 jours. A Chalon, le pire est évité grâce à un système de pompage important (3m3/s) équipant le réseau d'égouts depuis 1972.</p> <p>Les inondations de 1981 sur le Rhône et la Saône ont notamment précipité la mise en place de la Loi du 13 juillet 1982 instaurant le dispositif national de cotisation et d'indemnisation « Catastrophe Naturelle ».</p>	<p>Période de retour > 20 ans</p> <p>La crue se présente sous la forme d'une onde sur la Petite Saône et de deux ondes successives sur le Doubs. La montée de la crue est lente mais sa durée est particulièrement longue (du 9 au 22 décembre sur le haut bassin) A l'aval de la confluence, les ondes se cumulent pour former une unique crue.</p>
Décembre 1982	<p>Les pluies de décembre 1982 sont fortement excédentaires (de l'ordre de 2 fois les valeurs normales) sur des sols saturés. Deux épisodes pluvieux se sont particulièrement détachés du 6 au 12 et du 15 au 20 décembre.</p>		<p>Période de retour > 20 ans</p> <p>La crue de décembre 1982 a présenté deux ondes successives d'intensité croissante sur le haut bassin, du fait des 2 épisodes pluvieux distincts, mais celles-ci se sont à nouveau combinées à la confluence, pour décroître vers l'aval.</p>
Mai 1983	<p>La pluviométrie des mois d'avril et de mai 1983 a été particulièrement exceptionnelle, composée d'événements orageux et explique à elle seule les crues enregistrées. Deux épisodes se sont distingués, un premier entre le 12 et 17 mai, touchant aussi bien le haut bassin du Doubs que la Petite Saône (avec des valeurs supérieures à 100 mm), mais descendant également jusqu'en Bourgogne et Rhône-Alpes renforçant les apports simultanés des affluents rive droite entre Verdun et Lyon. Un second épisode pluvieux entre le 23 et</p>	<p>Les dégâts agricoles sont particulièrement importants pour l'année 1983, avec une crue qui se déroula en pleine période de reprise de la végétation, suivie par une période de sécheresse.</p> <p>Les récoltes furent détruites à 90 %.</p>	<p>Période de retour > 20 ans.</p> <p>La crue de 1983 est exceptionnelle pour cette période de l'année (mois de mai).</p>

	le 26 mai touche le bassin du Doubs et la Saône aval et stoppe la décrue.		
Mars 2001	<p>Alors que le territoire national est touché par des pluies continues, le nord et l'est de la France sont particulièrement touchés, engendrant une crue océanique lente et longue de la Saône et de ses affluents, d'une période de retour estimée entre 20 et 30 ans.</p> <p>La crue de la Saône connaît son origine notamment dans les hauteurs précipitées sur le Jura, le Doubs et la Cote d'Or au début du mois, qui entraînent une crue du Doubs et des autres affluents comme l'Ognon dès le début du mois.</p>	<p>Les principales conséquences de la crue de mars 2001 se sont ressenties sur les activités économiques du bassin d'emploi de Chalon à Lyon. Environ 80 communes du Val de Saône sont très touchées. 108 communes sur les 234 riveraines de la Saône, ont fait l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle « inondations » pour le mois de mars 2001. 120 personnes ont été évacuées, une vingtaine ont été relogées d'urgence par les mairies. Les pompiers ont effectué une centaine d'interventions par jour. A Mâcon, où les égouts refoulaient dans les rues du centre-ville, 35 commerces sont sinistrés. A Chalon-sur-Saône, Saint Remy et Mâcon, environ quarante entreprises ont cessé leur activité et mis leurs salariés au chômage technique. En tout, plus de 800 ha de zones artisanales et industrielles ont été submergés. 66 routes départementales sont coupées sur le bassin, 22 axes secondaires dans l'Ain. Cette crue pénalise également l'activité agricole en période de démarrage de la végétation. Une analyse des sociétés d'assurance sur cette période révèle que les dégâts directs déclarés ont atteint 168 millions d'euros pour les particuliers, « impactant » environ 40 000 logements dont 8 000 pour l'agglomération lyonnaise. Extrapolé aux activités professionnelles, ce bilan pourrait atteindre 280 millions d'euros.</p>	<p>Période de retour estimée entre 20 et 30 ans. C'est une crue caractérisée avant tout par une lenteur et une durée particulièrement importantes.</p>

3.3.1 – Le Val de Saône

Études et méthodes mobilisées

Le modèle utilisé pour cette cartographie est le même que celui réalisé par Hydratec pour le PPRi Saône aval.

Le modèle numérique des écoulements sur le Val de Saône est construit sous le logiciel HydraRiv utilisant la chaîne de calcul Hydra. Ce logiciel répond particulièrement bien aux problématiques d'inondations associant des phénomènes de débordement et/ou de brèches accidentelles dans les digues ainsi que de propagation des écoulements à travers des lits majeurs étendus. Le modèle résout les équations complètes de l'hydraulique (équations de Barré de Saint Venant). Il permet de modéliser simultanément trois types

de domaines complémentaires, communiquant entre eux par des liaisons hydrauliques :

- le domaine filaire, dissociant le lit mineur et le lit majeur, est structuré en biefs parcourus longitudinalement par des écoulements suivant une direction privilégiée,
- le domaine casiers, qui sert à modéliser une partie du lit majeur, est constitué par des groupes de bassins naturels d'accumulation communiquant entre eux par des liaisons hydrauliques de diverse nature,
- le domaine bidimensionnel, permet de décrire par un maillage fin les zones où l'enjeu hydraulique est le plus important, et restitue des champs de vitesses et de hauteurs d'eau locales.

Ce modèle utilisé pour l'étude hydraulique du Val de Saône est donc mixte (1D / casier / 2D) sur les 125 km de cours d'eau entre Chalon et Couzon, selon les caractéristiques hydrauliques et les enjeux de chaque tronçon. Il comprend 1 250 « casiers » et 5 600 mailles de calcul 2D. Il permet ainsi de calculer rapidement, en chaque point de la vallée, les hauteurs, durées de submersion et vitesses d'écoulement, à partir de plusieurs données d'entrée : le débit injecté en amont et à chaque confluence, ainsi que le niveau ou la courbe niveau / débit en aval.

Ce modèle est ensuite « calé » en se basant sur des crues récentes pour lesquelles on dispose de données suffisantes (débits, laisses de crues...). Lors de cette opération, il s'agit d'ajuster les lois qui régissent l'écoulement dans le modèle (rugosité, coefficients de déversement par-dessus les digues, etc) afin que celui-ci reproduise fidèlement la réalité.

Le modèle développé a été calé sur les crues présentant une topographie récente et des données hydrologiques cohérentes et expertisées (2001, 2004 et 1983) avec une précision (moyenne des écarts en enlevant les points aberrants) inférieure à 15 cm sur l'ensemble du modèle.

Cartographie des événements :

- **événement fréquent :**

Le scénario de crue retenu pour l'événement fréquent sur le Val de Saône est la crue vingtennale – crue des premiers dommages. La méthode utilisée est la même que celle retenue pour la cartographie des PPRi Saône (cf paragraphe événement moyen).

Scénario retenu	Q 20
Modèle utilisé	Logiciel HydraRiv
Données utilisées	Étude Hydratec réalisée pour le PPRi Val de Saône + étude hydratec 2013 pour les classes de hauteur d'eau
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Limites du modèle utilisé
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Classes de hauteur d'eau

- **événement moyen :**

Le scénario de crue retenu pour l'événement moyen sur le Val de Saône est le même que celui du PPRi Saône aval – à savoir la reconstitution du scénario hydrologique de la crue de 1840.

Pour ce faire le bureau d'études Hydratec a réalisé une analyse hydrologique à partir des données historiques. L'étude a consisté en la reconstitution de l'hydrologie de la crue de 1840 à partir de la connaissance des débits de la Saône et de ses affluents, ainsi que de leur évolution sur la totalité de la crue. Une investigation a été nécessaire pour reconstituer ces données. De nombreux repères de crue existent (environ 150 de 1840 sur le tronçon), et la carte des zones inondées, produite en 1860 est disponible et a servi de base à l'Atlas des Zones Inondables (2006). Cependant, l'évolution de la topographie du lit mineur et du lit majeur, qui n'est pas assez bien connue, n'a pas permis de reconstituer les conditions d'écoulement «de l'époque » et de «caler» le modèle en altimétrie. Pour reconstituer la crue de novembre 1840, les seules données exploitables étaient donc :

- les nombreux écrits de l'époque, permettant de connaître les dates et heures de passage de la crue au niveau des villages, et l'importance relative de celle-ci compte tenu des dégâts occasionnés ;
- les hauteurs observées heure après heure aux principaux points de la vallée ou sur les affluents ;
- les analyses qui ont été réalisées ultérieurement pour estimer le débit de pointe (jaugeages et travaux de Maurice Pardé entre 1925 et 1942).

La forme des courbes de hauteur d'eau dans le temps (limnigrammes) est connue avec une bonne précision. Ce qui l'est moins, c'est le débit maximum atteint par la Saône et ses affluents. Les données de départ sont constituées par les valeurs de débit de pointe proposées par Maurice Pardé, éminent hydrologue du début du siècle, sur la base des jaugeages effectués par lui ou par les Services de la Saône à l'époque et critiqués puis extrapolés. Cependant, lors de sa carrière consacrée à l'étude du régime des rivières en France, celui-ci avancera plusieurs estimations (en 1925 puis en 1942) pour cette crue qu'il qualifie lui-même de «cataclysme».

Celles-ci varient de 3240 à 3380 m³/s à Chalon-sur-Saône et de 3 700 à 4 300 m³/s à l'entrée de Lyon.

Comme on le sait maintenant, une très grande partie de cette incertitude provient du fait que l'écoulement à Lyon a été fortement impacté :

- par des embâcles, des ponts et quais sous-dimensionnés,
- par les crues exceptionnelles des affluents aval, de la Seille à l'Azergues.

L'importance relative de chacun de ces facteurs est inconnue. Il est impossible de connaître la nature et l'impact réel des embâcles. Sur les affluents, on dispose rarement de jaugeages de l'époque, parfois seulement de quelques données de pluies et Pardé avance donc très prudemment quelques valeurs de débit qu'il convient de vérifier (700 m³/s sur l'Azergues, 520 m³/s pour la Seille, 200 à 250 m³/s sur la Grosne).

Pour critiquer les valeurs avancées, plusieurs outils sont disponibles :

- la vérification de la conservation du volume global de la crue d'amont en aval,
- la vérification du débit spécifique apporté par les affluents (débit rapporté à la superficie du bassin versant),
- le respect de la chronologie des pluies,
- la propagation d'ondes de crues à l'aide du modèle.

La levée des incertitudes :

Si le modèle hydraulique ne permet pas de calculer les hauteurs exactes atteintes en 1840 (puisque'il prend en compte la topographie actuelle) il permet cependant de propager avec une bonne fiabilité les hydrogrammes de crue (courbes de débit en fonction du temps). En effet, l'impact de la topographie du lit majeur (pertes de charges, remblais) peut être important sur les hauteurs maximales atteintes, mais est relativement neutre sur le temps de propagation d'un volume de crue d'une dizaine de milliards de mètres cubes étalé sur plusieurs semaines. Ainsi, il est possible de propager des ondes de crues simulées, afin de calculer par soustraction, le volume des apports des affluents non connus et de tester l'impact des variables suivantes :

- les heures exactes des maximums atteints sur les affluents (notamment Seille et Azergues),
- les débits maximums atteints par les affluents et par la Saône en amont de Chalon.

Résultats, calage du modèle et débit de référence :

Le calage du modèle a été effectué sur des crues bien connues pour lesquelles la topographie était

récente :

- 1983 d'occurrence 40 à 50 ans
- 2001 d'occurrence 20 ans
- 2004 juste débordante

Ainsi, le modèle hydraulique obtenu, considéré comme fiable par les techniciens de l'Etat et des collectivités, a permis de simuler pour le débit de référence l'expansion spatiale de la crue, les hauteurs atteintes, les vitesses du courant et la durée de submersion des zones inondées (les hauteurs sont définies avec une incertitude de 15 cm).

Débit de référence :

Les débits estimés pour cet événement et retenus pour la cartographie sont les suivants :

- Chalon/Saône : 3240 m³/s
- Mâcon : 3480 m³/s
- Couzon : 3660 m³/s

Cette évaluation s'est basée sur l'analyse des données historiques disponibles, notamment les relevés aux échelles et les travaux de l'ingénieur Pardé (1920-1940). Partant de Chalon/Saône, les apports des affluents ont été reconstitués pour qu'aux stations intermédiaires (Mâcon et Couzon), les débits obtenus correspondent au débit estimé sur la Saône.

L'aléa cartographié est donc qualifié pour les débordements de la Saône elle-même, et localement, les affluents pourraient induire un aléa d'un niveau différent non représenté sur le plan.

Les hydrogrammes de la crue modélisée sont présentés ci-après aux trois stations de référence; ils mettent en évidence l'importance des apports des affluents qui grossissent la crue de l'amont vers l'aval.

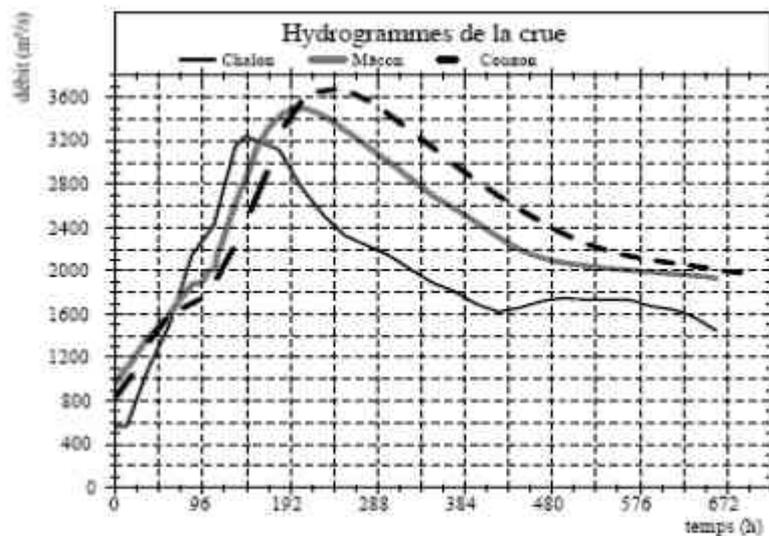


Illustration IV.4: Hydrogramme de la crue de référence / Note de Présentation PPRi Saône Moyen

Scénario retenu	Crue de 1840 – crue de référence des PPRi Val de Saône
Modèle utilisé	Logiciel HydraRiv
Données utilisées	Étude Hydratec réalisée pour les PPRi Val de Saône
Prise en compte des ouvrages de protection	Non

Incertitudes et limites	Liées à la reconstitution de la crue de 1840 (cf rapport Hydratec)
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Classes de hauteur d'eau

• **Événement extrême :**

L'aléa cartographié en crue extrême est la crue d'occurrence Q1000. La méthodologie utilisée est la même que pour les autres aléas. Une étude complémentaire a été réalisée par Hydratec pour calculer le débit de la Q1000. La méthode utilisée est basée sur une analyse statistique des données des quatre stations de mesures existantes sur la Saône pour lesquelles des estimations de débits sont disponibles. La loi retenue pour l'ajustement est la loi de Gumbel. La méthode du Gradex progressif est ensuite appliquée pour l'extrapolation des débits de crues des périodes de retour élevées (>10 ans).

Scénario retenu	Q 1000
Modèle utilisé	Logiciel HydraRiv
Données utilisées	Étude Hydratec Juillet 2013 – TRI du Val de Saône
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Liées à la reconstitution de la crue de 1840 (cf rapport Hydratec)
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Classes de hauteur d'eau

3.3.2 – La Saône à l'aval Couzon

Études et méthodes mobilisées

Les caractéristiques des crues affectant la Saône en aval de Couzon sont identiques à celles de la Saône en amont de Couzon : aucun apport d'affluent significatif n'intervient dans la traversée de Lyon.

Cependant les niveaux d'eau en crue sont influencés par le niveau du Rhône à la confluence. Cette influence se manifeste en s'atténuant d'aval en amont jusqu'au seuil de Couzon et en fonction de l'importance des crues.

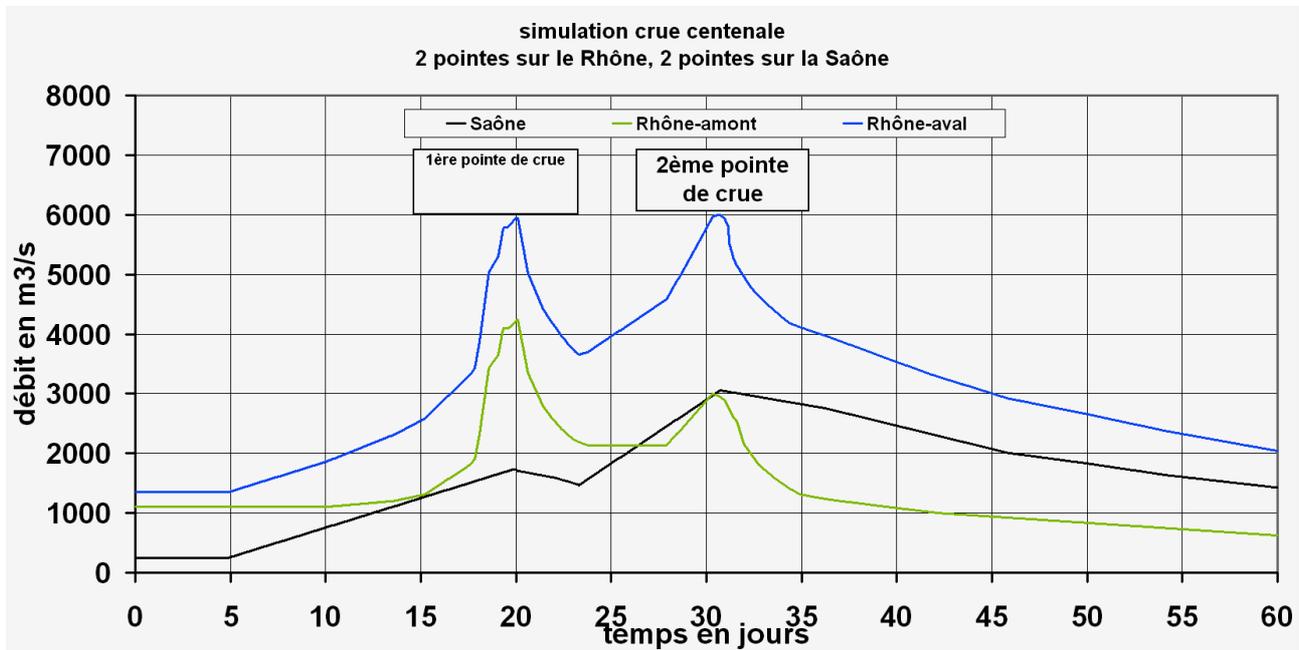
Compte tenu des régimes hydrologiques et des conditions de propagation des crues respectives du Rhône et de la Saône, la stricte concomitance des pointes de crue du Rhône et de la Saône est une situation dont la probabilité est très faible. Les nombreuses données sur les crues historiques confirment ce scénario hydrologique.

Les études réalisées pour l'élaboration du PPRi du Grand Lyon (SNRS 2003) ont permis d'établir des scénarios de concomitance pour les différentes occurrences de crue du Rhône et de la Saône.

Chronologiquement ces scénarios voient une première phase de crue du Rhône-amont atteignant le débit d'occurrence étudié ; un débit d'apport de la Saône intervient alors pour obtenir sur le Rhône-aval un débit de même occurrence que sur le Rhône-amont. Une décrue partielle intervient ensuite, puis une

deuxième phase de crue intervient portant le débit de la Saône au débit d'occurrence étudié ; ce débit est alors complété par un débit du Rhône amont pour obtenir à nouveau sur le Rhône-aval le débit de même occurrence que sur la Saône.

Le graphe des hydrogrammes ci-dessous illustre ce type de scénario pour la crue de référence du PPRi (crue moyenne).



Cette approche ne permet pas d'explorer tous les scénarios de concomitance possibles, mais les cas ainsi retenus s'approchent de scénarios historiques réels et les variantes ne généreraient que des écarts très marginaux entre les enveloppes d'inondation résultant de ces hypothèses de concomitance.

Cette approche se situe dans une optique de prévention ou d'évaluation des enjeux exposés et non dans une optique de prédiction d'inondation qui resterait sujette aux variations dans la dynamique des crues et à la qualité de l'estimation des débits.

Cartographie des événements :

- événement fréquent :

La crue fréquente est représentée par la crue vingtennale. Les niveaux d'eau ont été calculés avec le modèle de la CNR utilisé pour l'Etude Globale sur le Rhône. C'est ce même modèle (voir description du bassin du Rhône) comportant une topologie affinée (découpage plus fin des casiers) qui a été utilisé pour le PPRi du Grand Lyon.

Les niveaux d'eau utilisés pour cartographier l'enveloppe d'inondation et les classes de hauteurs d'eau sont les niveaux d'eau calculés en lit mineur aux profils ainsi que les niveaux calculés dans les casiers. Ces niveaux dans les casiers ont été retenus comme exploitables compte tenu de la faible pente des niveaux de la Saône qui ne génère pas de différence significative entre les niveaux moyens calculés dans les casiers et les niveaux réels.

L'enveloppe d'inondation et les classes de hauteurs d'eau sont déterminées par croisement des données en niveaux aux profils projetées sur le lit majeur et des données en niveaux calculées dans les casiers.

Scénario retenu	Q 20
Modèle utilisé	Logiciel CRUE (CNR)
Données utilisées	Hydrologie EGR – BDT Rhône et Donnée MNT Grand Lyon
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Précision du modèle et données de calage
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Classes de hauteur d'eau

- **événement moyen :**

Le scénario de crue retenu pour représenter la crue moyenne correspond au scénario de la crue centennale utilisée pour le premier niveau de zonage du PPRi du grand Lyon.

Comme pour la crue fréquente, les niveaux ont été calculés avec le modèle de la CNR. L'enveloppe d'inondation et les classes de hauteurs d'eau figurant sur les cartes sont celles qui ont été déterminées pour l'évaluation de l'aléa pour la crue centennale dans l'étude pour le PPRi du Grand Lyon.

Les données et la méthode de cartographie sont identiques à celles qui sont indiquées pour la crue fréquente. L'enveloppe d'inondation et les classes de hauteurs d'eau sont reprises dans les données de l'étude des aléas pour le PPRi du Grand Lyon.

Scénario retenu	Q 100
Modèle utilisé	Logiciel CRUE (CNR)
Données utilisées	Hydrologie EGR – Donnée 2003 MNT Grand Lyon
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Précision du modèle et données de calage
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Classes de hauteur d'eau

- **Événement extrême :**

Le scénario de crue retenu pour représenter la crue exceptionnelle correspond au scénario de la crue millennale. Une étude complémentaire a été réalisée par Hydratec pour calculer le débit de la Q1000. La méthode utilisée est basée sur une analyse statistique des données des quatre stations de mesures

existantes sur la Saône pour lesquelles des estimations de débits sont disponibles. La loi retenue pour l'ajustement est la loi de Gumbel. La méthode du Gradex progressif est ensuite appliquée pour l'extrapolation des débits de crues des périodes de retour élevées (>10 ans). Comme pour la crue fréquente, les niveaux ont été calculés avec le modèle de la CNR.

Les données et la méthode de cartographie sont identiques à celles qui sont indiquées pour la crue fréquente.

Scénario retenu	Q 1000
Modèle utilisé	Logiciel CRUE (CNR)
Données utilisées	Hydrologie spécifique Hydratec 2013 – BDT Rhône et Donnée MNT Grand Lyon
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Précision du modèle et données de calage
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Classes de hauteur d'eau

3.4. Cartes des surfaces inondables par les débordements de l'Azergues et de ses affluents

Bassin versant de l'Azergues

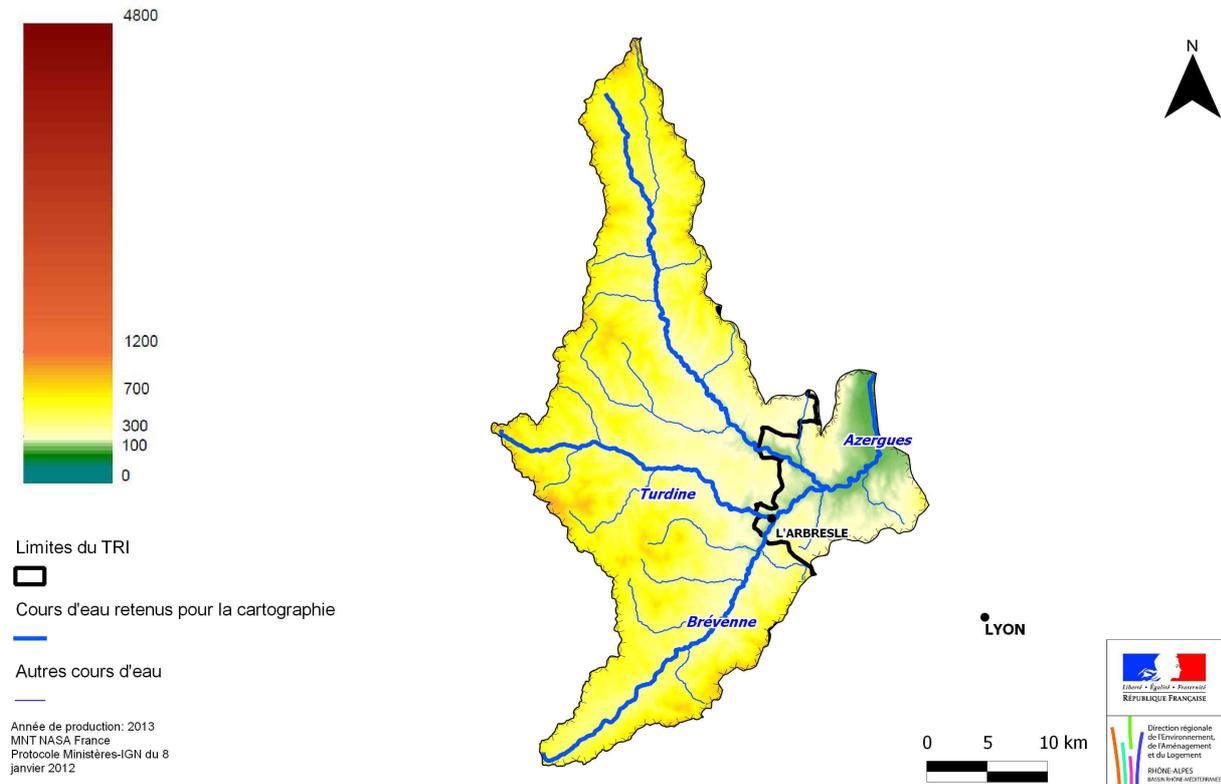


Illustration IV.5: Bassin versant de l'Azergues / DREAL Rhône-Alpes

3.4.1 – L'Azergues

Principales caractéristiques des phénomènes

Situé au nord-ouest du département du Rhône, le bassin versant de l'Azergues (sous-bassin Brévenne-Turdine exclus) s'étend sur une cinquantaine de communes représentant une superficie totale de 447 km². Il est limité à l'est par son émissaire la Saône et à l'ouest par la ligne de partage des eaux avec le bassin versant du Reins qui est un affluent de la Loire. Au nord, sa tête de bassin jouxte celle de l'Ardières, autres affluent Beaujolais de la Saône. La forme du bassin versant est étroite et allongée.

L'Azergues prend sa source au cœur des monts du Beaujolais, traverse la frange méridionale des coteaux viticoles du bas beaujolais pour rejoindre la Saône à Anse dont elle constitue le principal affluent dans le département du Rhône.

Le linéaire total de cours d'eau du bassin versant (hors Brévenne-Turdine) dépasse les 600 km. L'Azergues, en amont de sa confluence avec la Brévenne, présente une pente soutenue et un tracé faiblement sinueux contraint par un fond de vallée relativement étroit peu favorable au laminage des crues. En aval de sa confluence avec la Brévenne, la vallée de l'Azergues s'élargit en une vaste plaine alluviale se confondant avec celle de la Saône. L'expansion des crues y est cependant contrariée par de

nombreux aménagements (remblais...).

On peut distinguer trois types de crues d'origines différentes et aux caractéristiques distinctes affectant l'Azergues (présentés ci-après par ordre croissant de rapidité et de difficulté de prévision) :

- Les crues d'origine océanique, générées par des pluies de longue durée apportées par les flux d'ouest-sud-ouest. Ces crues se produisent préférentiellement au printemps et à l'automne. Elles provoquent une montée progressive et généralisée du niveau des cours d'eau. La crue de mai 1983 est la référence dans le domaine;
- Les crues cévenoles, se produisent à l'automne (d'octobre à décembre). Elles sont provoquées par une remontée dans le couloir rhodanien d'air chaud saturé d'humidité provenant de la Méditerranée qui, en se heurtant aux masses d'air froid continentales, déversent de gros cumuls de pluie en peu de temps (de l'ordre de 100 mm en 24h). Ces épisodes génèrent des crues rapides généralisées (cas de la crue de décembre 2003) ou plus localisées comme en novembre 2008;
- Les crues d'orages se forment en été. Elles sont le fait de pluies de forte intensité (> 70 mm en moins d'une heure) plutôt localisées. Elles affectent ainsi davantage les petits ruisseaux affluents qui, compte tenu des caractéristiques de leur bassin versant, génèrent des crues torrentielles. Leurs effets sont d'autant plus dommageables qu'elles sont le plus souvent accompagnées de tornades de vent et de chute de grêle. La crue du 05 juillet 1993 en haute Azergues est caractéristique de ce type de crue.
- Des crues mixtes où plusieurs de ces phénomènes se combinent peuvent également survenir.

Crues historiques sur l'Azergues :

Ne sont présentées ici que les crues datant du 20 et du 21^{ème} siècle. Le détail des événements est extrait du Plan de Prévention du Risque Inondation de la vallée de l'Azergues et de l'EPRI du Rhône-Moyen.

Date de l'événement	Origine	Secteur touché	Observations
17 mai 1983	Crue océanique due à une pluviométrie exceptionnelle	Le val de Saône ainsi que les vallées de l'Azergues et de ses affluents	La crue du 17 mai 1983, localement supérieure à la centennale, est considérée sur certains secteurs comme la crue de référence sur l'Azergues. L'événement survient après trois semaines de pluies sur le bassin. Les sols et terrains sont gorgés d'eau. Une série d'averses soutenues durant trois jours du 14 au 17 mai achevée par violent un orage inonde tous les points bas de la vallée et fait déborder de nombreux fossés. Les débits de l'Azergues ont une période de retour supérieure à 100 ans à Lozanne (plus de 420 m3/s), à 80 ans à Chamelet et à 50 ans à Chatillon. On relève de nombreux embâcles au droit des ouvrages ce qui contribue à freiner l'écoulement des eaux et à accroître les hauteurs d'eau à l'amont. Certains biefs et prises d'eau restés ouverts propagent l'inondation au-delà des zones les plus proches. L'aval concentre les écoulements et connaît les débits les plus notables. A Sain-Bel, la Brévenne atteint 150 m3/s soit une période de retour de l'ordre de 100 ans. A l'amont les débits restent inférieurs à la centennale. L'événement est à l'origine d'une série de travaux d'aménagements le long des deux cours d'eau.
2 décembre 2003	Crue océanique ; pluies diluviennes le 1er et le 2 décembre 2003	Les vallées du Gier, de l'Ozon, du Garon, de l'Azergues et de ses affluents	L'épisode pluvieux à l'origine de la crue de l'Azergues débute le 1er décembre en mi-journée et se prolonge jusqu'au 2 décembre en soirée. Les données de pluie enregistrées sur le bassin versant de

			<p>l’Azergues approchent les valeurs d’une pluie centennale caractéristique de ce bassin pour une durée de 24h.</p> <p>La crue a été plus forte sur l’Azergues que sur ses affluents.</p> <p>On a atteint des valeurs de débit de 200m³/s à Châtillon et de 384 m³/s à Lozanne. Ces valeurs retenues pour la crue de décembre 2003 correspondent à une période de retour comprise entre 70 et 80 ans.</p> <p>Globalement, l’enveloppe des zones inondées en décembre 2003 est moins étendue qu’en mai 1983, mais quelques secteurs sont sous les eaux alors qu’ils ne l’avaient pas été vingt ans plus tôt.</p>
2 novembre 2008	Crue océanique ; pluies diluviennes le 1er et le 2 novembre 2008	Les vallées de l’Azergues et de ses affluents ainsi que celle du Gier	<p>Les fortes averses du 1er novembre sur le bassin versant de l’Azergues (70 mm en 24h00) arrivent sur des sols déjà gorgés d’eau et ruissellent rapidement. L’Azergues atteint 333 m³/s le 2 novembre pour 4.63 m à la station de Lozanne. La période de retour de l’événement est supérieure à cinquante ans pour la moyenne Azergues et proche de 100 ans pour la basse vallée.</p> <p>La rivière sort de son lit, s’étale dans le fond de la vallée et inonde les villages riverains. Les dégâts les plus conséquents sont enregistrés sur les communes de la basse vallée (de Lozanne à Anse), en raison en particulier des apports très importants de la Brévenne. A Châtillon d’Azergues, le centre-ville est submergé par le ruisseau d’Alix.</p>

La distribution mensuelle des crues historiques met en évidence qu’aucun mois de l’année n’est à l’abri des crues, que les mois de mars et avril semblent toutefois les moins exposés à ce genre d’événements, et que les mois d’octobre et de novembre sont à l’inverse les plus exposés.

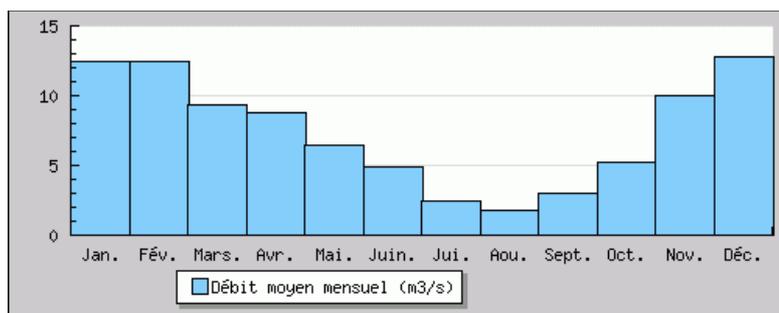


Illustration IV.6: Hydrogramme de l’Azergues à la station de Lozanne / Banque Hydro

Cartographie des événements :

Les études prises en compte pour la cartographie des événements fréquents et moyens sont les études réalisées par la DDT 69 pour la réalisation du PPRi de la Vallée de l’Azergues. L’étude « GEOPLUS, 2000, Etude d’inondabilité et de définition des aléas – Vallée de l’Azergues, DDE du Rhône / CCPBO, 47 p. ». Cette étude a abouti à la cartographie de l’aléa inondation en crue centennale modélisée, à l’enveloppe de la crue décennale, ainsi qu’à l’enveloppe de la crue historique de 1983.

L’étude « GEOPLUS, oct. 2004 » a permis de réactualiser les résultats de l’étude précédente avec la prise

en compte de la crue de décembre 2003.

- **Événement fréquent :**

Les données utilisées pour cette cartographie sont : les études GEOPLUS 2000 et 2004 qui ont cartographié l'emprise de la zone inondable de la crue décennale. Les classes de hauteur d'eau ont été déterminées par l'utilisation du modèle CARTINO PC et les débits Shyreg Q10 (cf annexe méthodologique).

Scénario retenu	Q10
Modèle utilisé	Cartino et étude Géoplus 2000 et 2004
Données utilisées	Études GEOPLUS 2000 et 2004, BD topo IGN, Débits Shyreg Q10.
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Précision du MNT, CARTINO, données SHYREG, limite de l'étude GEOPLUS
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Hauteur d'eau

- **Événement moyen :**

La méthode utilisée par GEOPLUS pour caractériser les aléas de la crue centennale a consisté en l'analyse des données et résultats des études existantes complétées par des vérifications de terrain (analyse géomorphologique sommaire des combes affluentes de l'Azergues à proximité de leur confluence avec celles-ci) et des témoignages issus de rencontres avec riverains et des acteurs locaux.

Avec l'ensemble de ces éléments, un niveau d'aléa inondation a été déterminé sur la base des caractéristiques de hauteur et de vitesse d'écoulement calculées par le modèle. La définition de ces niveaux d'aléas répond à la grille d'analyse suivante :

		Vitesse d'écoulement v en m/s		
		Faible (v<0,2)	Moyenne (0,2<v<0,5)	Forte (v>0,5)
Hauteur d'eau h en m	h<0,5	faible	moyen	fort
	0,5<h<1	moyen	moyen	fort
	h>1	fort	fort	fort

Scénario retenu	Scénario de référence du PPR : Q100
Modèle utilisé	Modèle études Géoplus
Données utilisées	Études GEOPLUS 2000 et 2004

Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	limite de l'étude GEOPLUS
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Classes d'aléas du PPRi Vallée de l'Azergues

• **Événement extrême :**

L'événement extrême a été réalisé par le modèle CARTINO PC (CETE Méditerranée) par la DREAL Rhône-Alpes. Se rapporter à l'annexe II pour les éléments techniques de l'outil CARTINO. Les hypothèses retenues pour la cartographie de l'événement extrême de l'Azergues sont les suivantes :

- MNT : BD TOPO IGN ré-échantillonné au pas de 5 m.
- débits SHYREG.

Scénario retenu	Q 1000
Modèle utilisé	CARTINO PC
Données utilisées	Débits SHYREG
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Liées à la précision du MNT, de CARTINO et débits SHYREG
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Hauteurs d'eau

3.4.2 – La Brévenne et la Turdine :

Principales caractéristiques des phénomènes :

La Brévenne, grossie des eaux de la Turdine, constitue le principal affluent de l'Azergues. Ces deux cours d'eau drainent respectivement les Monts du Lyonnais et de Tarare, au sud du bassin versant de l'Azergues. La confluence a lieu à l'amont de Lozanne, au lieu-dit Dorieux. Le sous-bassin Brévenne-Turdine a une superficie supérieure à celle du bassin de l'Azergues en amont de leur confluence (436 km² contre 357 km²).

De forme plus ramassée, le bassin versant Brévenne-Turdine présente une densité de drainage légèrement supérieure à celui de l'Azergues. Les fonds de vallées sont globalement plus étroits, d'avantage remblayés et endigués sur ce sous-bassin que sur le bassin de l'Azergues. L'occupation du sol, enfin, y est plus favorable aux ruissellements (superficie forestière moindre et urbanisation plus étendue). L'ensemble de ces facteurs concourt pour faire de la Brévenne une rivière plus réactive et plus productive en volumes ruisselés que l'Azergues et ce, malgré une pluviométrie globalement plus faible.

L'orientation méridienne de la Brévenne et sa situation géographique plus méridionale font également que ce bassin est plus exposé aux phénomènes cévenols que celui de l'Azergues, cas de figure parfaitement illustré par la crue de novembre 2008.

Ces cours d'eau présentent des pentes relativement élevées (de l'ordre de 1-2 %, à 5-6 % dans les parties amont).

La Brévenne s'écoule vers le Nord-Est. La superficie totale du bassin versant est de 440 km² dont 235 km² environ pour la Brévenne, la Turdine coule vers le Sud-Est et la superficie du bassin versant est de 170 km².

Le régime hydrologique de la Brévenne est de type pluvial contrasté. Il se caractérise par des hautes eaux hivernales, un débit moyen également important à l'automne et au printemps et un étiage estival très marqué (minimum de mi-juillet à mi-septembre).

Le phénomène d'inondation pris en compte pour cette cartographie est une crue de type rapide (en cohérence avec le PPRi de la Brévenne-Turdine). Cette crue se produit lors de précipitations intenses qui tombent sur tout le bassin engendrant des eaux ruisselantes qui se concentrent rapidement dans le cours d'eau.

Les crues de la Brévenne et de la Turdine sont, de manière générale, assez homogènes. Deux périodes semblent plus propices à l'apparition de crues sur le bassin versant :

- entre Avril et Juin, les crues sont généralement plus lentes avec un temps de montée supérieur à la normale (de l'ordre de 18h) et une période de décrue plus longue (supérieure à 60h).
- entre Novembre et Décembre, les crues ont un temps de montée plus court, d'environ 14h, cela étant dû au fait que les sols saturés favorisent le ruissellement en période automnale.

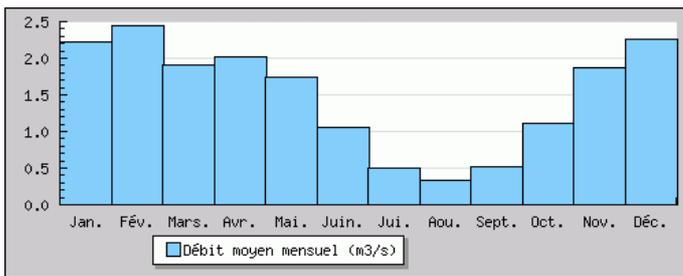


Illustration IV.7: Hydrogramme de la Brévenne à la station de Sain-Bel / Banque Hydro

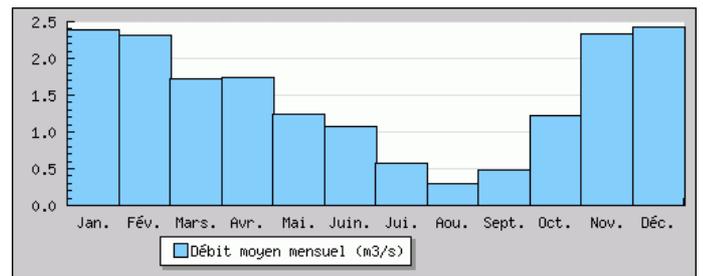


Illustration IV.8: Hydrogramme de la Turdine à la station de l' Arbresle [Gobelette] / Banque Hydro

Crues historiques sur la Brévenne et la Turdine :

Ne sont présentées ici que les crues datant de moins de 50 ans. Le détail des événements est extrait du Plan de Prévention du Risque Naturel Inondation de la Brévenne et de la Turdine, de l'EPRI du Rhône-Moyen et du programme d'actions de prévention des inondations (PAPI) Brévenne-Turdine.

Date de l'événement	Origine	Secteur touché	Observations
17 mai 1983		Bassin versant de la Brévenne (Turdine comprise)	L'une des crues les plus importantes des deux rivières avec des débits de 124 m ³ /s pour la Brévenne et 102 m ³ /s pour la Turdine. A titre de comparaison, les crues centennales sont estimées respectivement à 154 m ³ /s pour la Brévenne et 136 m ³ /s pour la Turdine. C'est à la suite de ces crues que de nombreux aménagements ont été mis en place. Temps de retour estimé sur la Brévenne à Saint-

			Bel supérieur à 50 ans.
26 avril 1989		Bassin versant de la Brévenne (Turdine comprise)	Temps de retour estimé sur la Brévenne à Saint-Bel : 20 à 50 ans
13 novembre 1996		Bassin versant de la Brévenne (Turdine comprise)	Temps de retour estimé sur la Brévenne à Saint-Bel : 20 à 50 ans ; sur la Turdine à l'Arbresle : supérieur à 20 ans.
10 juin 2000	Épisode orageux de courte durée mais intense	Bassin versant de la Brévenne (Turdine comprise)	<p>Un orage d'une exceptionnelle violence a réuni tous les éléments capables de causer des dégâts considérables. L'abondance de l'eau tombée qui a été estimée à 200 mm en moyenne, soit pratiquement le quart des précipitations annuelles, condition qui a elle seule suffisait pour provoquer les débordements des cours d'eau.</p> <p>L'orage a été de courte durée et a provoqué des ruissellements très importants et très violents, et pas seulement dans les fonds de vallées.</p> <p>La grêle est à l'origine de l'obstruction des grilles d'évacuation.</p> <p>Temps de retour estimé sur la Brévenne à Saint-Bel : supérieur à 50 ans ; Turdine à l'Arbresle ; supérieur à 20 ans. L'épisode a été particulièrement désastreux pour la commune de Sain-Bel, où tout le centre du village a été inondé à cause d'un embâcle sur le ruisseau du Trésoncle : le cours d'eau, ne pouvant plus s'écouler dans son lit, s'est déversé dans le village.</p>
2 décembre 2003	Crue océanique ; pluies diluviennes le 1er et le 2 décembre 2003	Les vallées du Gier, de l'Ozon, du Garon, de l'Azergues et de ses affluents	<p>La crue de décembre 2003 est l'une des plus ancrées dans les mémoires, car c'est une crue récente qui a provoqué de nombreux dégâts.</p> <p>La crue est notable sur la Brévenne et la Turdine avec des périodes de retour estimées respectivement à 30 et 100 ans.</p> <p>Le passage de l'eau est d'autant plus impactant qu'il s'accompagne d'un important transit sédimentaire. A l'Arbresle, son départ laisse une épaisse couche de boue sur toutes les parties basses de la ville.</p>
2005		Bassin versant de la Brévenne	Crue décennale environ sur la Brévenne.
2 novembre 2008	Crue océanique ; pluies diluviennes le 1er et le 2 novembre 2008	Les vallées de l'Azergues et de ses affluents ainsi que celle du Gier	<p>La crue de novembre 2008 est sûrement la plus marquante pour la population actuelle du bassin.</p> <p>En effet, elle est non seulement la crue la plus récente mais c'est aussi à ce jour la plus forte connue sur le bassin versant Brévenne. Les pluies qui l'ont provoquée avaient un caractère certes rare mais nullement exceptionnel par leur période de retour (de l'ordre de 30 ans). Deux facteurs en ont fait un épisode de crue exceptionnel : la répartition des très fortes pluies sur l'ensemble du bassin versant et l'état d'humectation des sols du bassin versant saturés par les épisodes antérieurs des 7-8 octobre et surtout du 21 octobre. Les pluies diluviennes du 1er novembre entraînent le débordement violent de la Brévenne et de la Turdine. La rapidité de montée des eaux est liée à</p>

			la saturation des sols en eau par les précipitations du mois d'octobre (crue déjà le 22 octobre). Sur la Brévenne, les débits atteignent 200 m³/s à Saint-Bel et 235 m³/s à l'Arbresle. L'évènement est supérieur à 2003 avec une période de retour estimée à 170 ans à l'Arbresle. L'évènement devient crue de référence pour le secteur urbain. En amont, les règles de constructibilité et d'implantation le long du cours d'eau sont précisées avec un recul minimal de dix mètres de part et d'autre des berges pour toute nouvelle implantation.
--	--	--	--

Cartographie des événements :

Nous ne disposons pas de données existantes pour cartographier les événements fréquents et extrêmes de ce cours d'eau. Nous avons été amenés à utiliser le modèle CARTINO PC, et les débits SHYREG (cf annexe méthodologique) pour ces événements dans cette phase de cartographie. Il conviendra lors de la mise en œuvre des stratégies locales de s'assurer que des études seront mises en œuvre pour cartographier plus précisément ces événements.

- **Événement fréquent :**

Les données existantes ne nous permettent pas de cartographier la crue fréquente. La DREAL Rhône-Alpes a réalisé la modélisation de cet événement avec le modèle CARTINO PC – à la limite du domaine d'action de ce modèle. Les résultats obtenus sont donc à considérer avec prudence.

Scénario retenu	Q10
Modèle utilisé	CARTINO PC
Données utilisées	MNT BD TOPO, Q10 SHYREG
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Liées à l'utilisation de CARTINO PC, à la base de donnée SHYREG et à la précision de la BD TOPO
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Hauteur d'eau

- **Événement moyen :**

Les données utilisées pour la cartographie de l'événement moyen sont issues des études PPRi de la Brévenne et de la Turdine.

Deux études hydrologiques récentes (Ginger Environnement, en mars 2006 et Géoplus, février 2008) ont permis de déterminer les hypothèses pour la modélisation des secteurs urbanisés. Ces études s'appuient sur les données fournies par les stations hydrométriques de Saint-Bel, sur la Brévenne, et de L'Arbresle, sur la Turdine. Cette analyse aboutit aux résultats suivants :

Station	Surface du bassin versant (km ²)	Débit décennal (m ³ /s)	Débit centennal (m ³ /s)
Brévenne à Saint-Bel	219	86	160
Turdine à L'Arbresle	161	68	133

La cartographie de l'événement moyen de la Brévenne-Turdine pour le compte de la Directive inondation reprend les éléments de l'aléa de référence PPR inondation de la Brévenne-Turdine approuvé le 22 mai 2012.

L'événement moyen est pour les zones urbanisées du bassin versant : la crue modélisée d'occurrence centennale pour la Turdine, et la crue de novembre 2008 pour la Brévenne.

Pour les secteurs non urbanisés, la crue prise comme référence dans le PPRi de la Brévenne-Turdine est la crue exceptionnelle (lit majeur du cours d'eau : emprise hydrogéomorphologique). Ce sont également ces données qui sont utilisées dans la cartographie du TRI de Lyon.

La modélisation hydraulique a été réalisée par Géoplus en février 2008, et repose sur des calculs mathématiques qui permettent de modéliser une crue d'occurrence centennale. Cette méthode est quantitative, comparée à l'hydrogéomorphologie qui est qualitative. En effet, elle détermine des vitesses et des hauteurs d'eau et permet de produire des cotes de références sur l'ensemble du linéaire étudié. Le modèle a été calé sur les crues de juin 2000 et de décembre 2003 pour la Turdine. Suite à l'ampleur de la crue de novembre 2008, Géoplus, après avoir qualifiée cette dernière de supérieure à la crue centennale modélisée sur la Brévenne, a repris les cartes des aléas des communes concernées sur la base de cette dernière. L'étude hydrogéomorphologique a été réalisée par Ginger environnement en mars 2006, à l'aide de photographies aériennes stéréoscopiques, mais aussi grâce aux données recueillies, notamment les études historiques, les repères de crues et les laisses de crues, l'inventaire des dégâts des dernières grandes crues connues. Cette approche géographique étudie le fonctionnement naturel des cours d'eau en analysant la structure des vallées. Ces vallées sont composées de plusieurs unités hydrogéomorphologiques : ce sont les différents lits topographiques que la rivière a façonnés dans le fond de vallée au fil des siècles, au fur et à mesure des crues successives. On distingue le lit mineur, le lit moyen, le lit majeur et les zones d'inondations potentielles.

Lit mineur

Lit moyen

Lit majeur

Le lit mineur correspond au chenal principal du cours d'eau. Il est généralement emprunté par la crue annuelle dite de plein-bord, n'inondant que les secteurs les plus bas et les plus proches du lit.

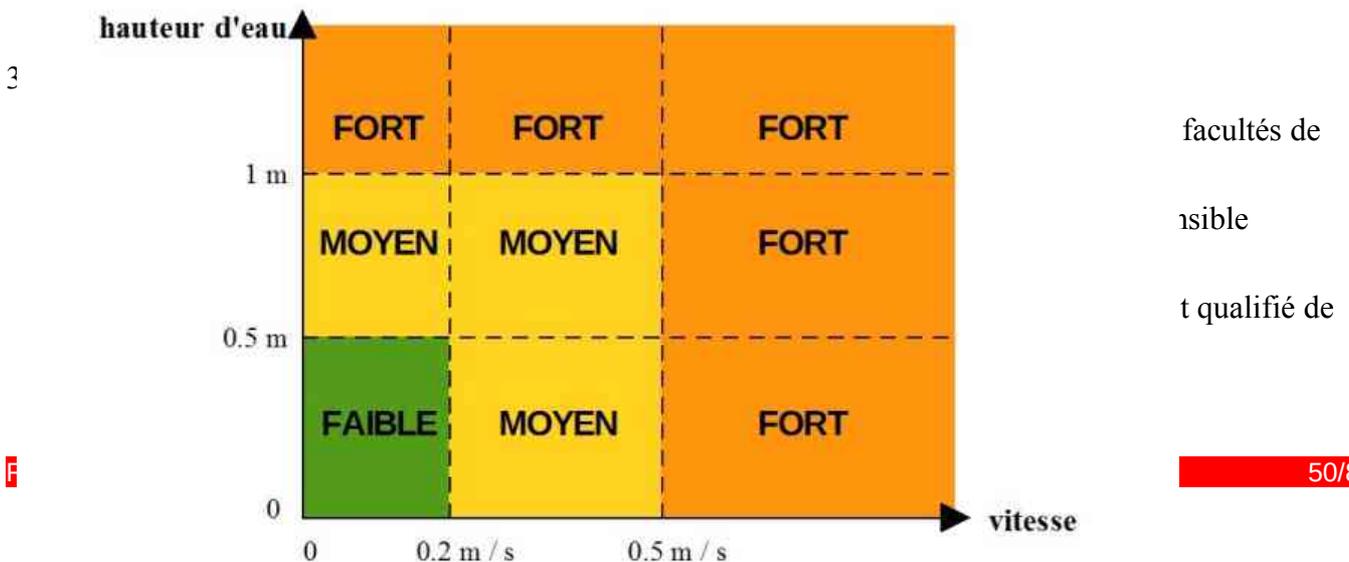
Le lit moyen, limité par des talus, correspond au lit occupé par les crues fréquentes à moyennes (périodes de retour comprises entre 2 à 10 ans). Il est généralement absent pour la Brévenne-Turdine.

Le lit majeur, limité par des terrasses, correspond au lit occupé par les crues rares à exceptionnelles (périodes de retour de 10 à plus de 100 ans). On distingue deux types de zones:

- les zones d'écoulement, au voisinage du lit mineur ou des chenaux de crues, où le courant a une forte vitesse.
- les zones d'expansion de crues ou de stockage des eaux, où la vitesse est faible. Ce stockage est fondamental, car il permet le laminage de la crue, c'est-à-dire la réduction du débit et de la vitesse de montée des eaux à l'aval.

Les données utilisées sont les aléas du PPRI.

La carte de l'aléa hydraulique s'obtient par croisement des paramètres de hauteur et de vitesse selon la grille de référence dans le département du Rhône présentée ci-dessous :



Classification résultant de l'étude hydrogéomorphologique de Ginger Environnement :

- Dans les zones non urbanisées, où la méthode hydrogéomorphologique a été réalisée (pas de modélisation de réalisée dans le cadre de l'étude d'aléa du PPR), la classification s'appuie sur la correspondance suivante entre niveaux d'aléas et unités hydrogéomorphologiques :
 - Le lit mineur, ainsi que les zones qualifiées d'écoulement dynamique et les axes d'écoulement inscrits à l'intérieur du lit majeur, sont classés en **aléa fort**.
 - En dehors de ces zones, le reste du lit majeur correspondant aux bordures externes de la plaine alluviale et aux grandes zones d'expansion de crues mobilisées lors des crues exceptionnelles, sont classés en aléa faible.
- Pour mémoire : dans les zones urbanisées, au-delà des résultats de la modélisation, l'aléa inondation issu de l'étude Ginger est considéré comme très faible, et cartographié ainsi dans le PPRi Brévenne-Turdine. Dans la cartographie de l'événement moyen du TRI de Lyon, cet aléa n'a pas été pris en compte.

Scénario retenu	Crue centennale pour la Turdine Crue de novembre 2008 pour la Brévenne
Modèle utilisé	Modélisation réalisée par Geoplus et étude hydrogéomorphologique réalisées par Ginger Environnement
Données utilisées	Etude Ginger Environnement, mars 2006 / Geoplus ; février 2008
Prise en compte des ouvrages de protection	Non – les ouvrages connus sont simplement affichés sur la carte.
Incertitudes et limites	Cf études réalisées
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Classes d'aléas avec correspondance faite entre les aléas issus de la modélisation et les aléas de l'étude hydrogéomorphologique.

• **événement extrême**

L'événement extrême a été réalisé par le modèle CARTINO PC et les débits SHYREG (cf annexe méthodologique) par la DREAL Rhône-Alpes, et l'utilisation de données locales issues du PPRi. Les hypothèses retenues pour la cartographie de l'événement extrême de la Brévenne et la Turdine sont les suivantes :

- MNT : BD TOPO IGN ré-échantillonné au pas de 5 m.
- données Shyreg Q1000.

Scénario retenu	Q 1000
Modèle utilisé	CARTINO PC
Données utilisées	MNT de la BD TOPO et SHYREG

Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Liées à SHYREG, CARTINO, à la précision du MNT
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Hauteur d'eau

3.5. Cartes des surfaces inondables par les débordements du Garon

Bassin versant du Garon

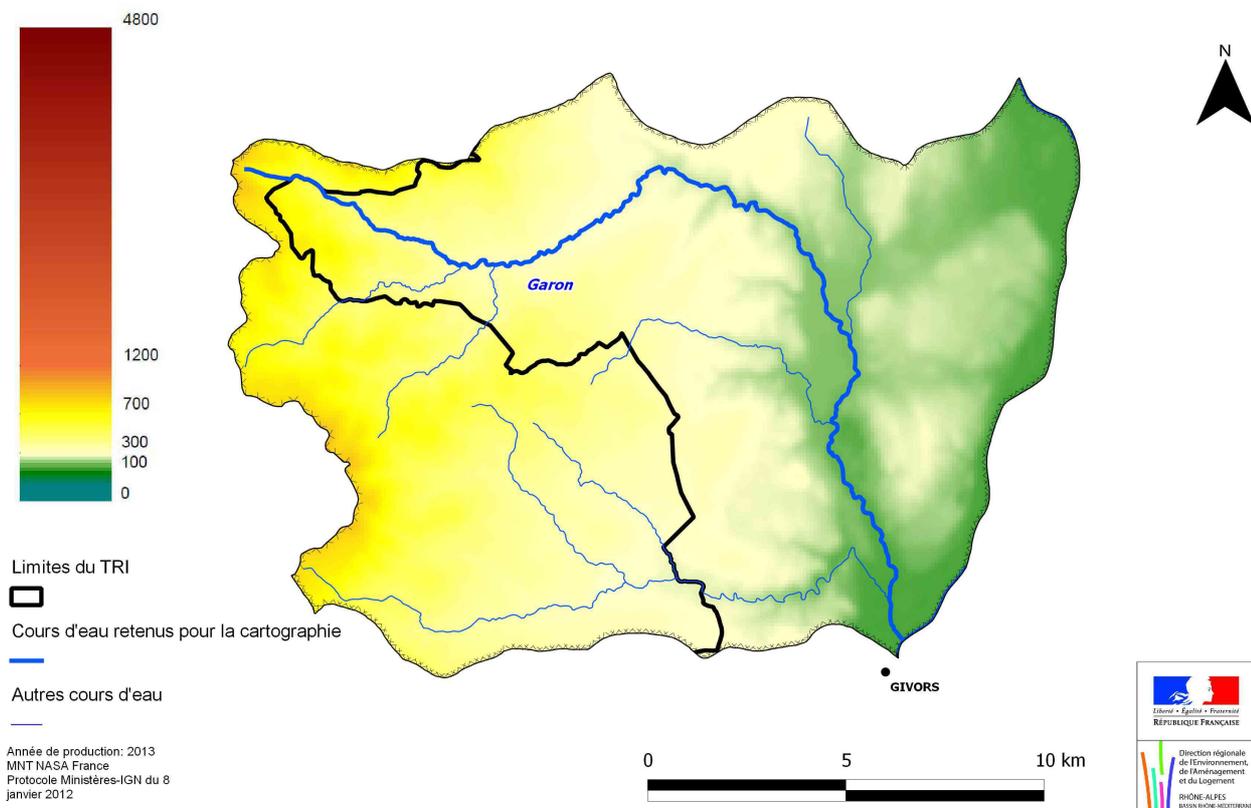


Illustration IV.9: Bassin versant du Garon / DREAL RA

La vallée du Garon se situe en rive droite du Rhône, au sud de Lyon. Le bassin versant du Garon est limité à l'Est par son émissaire le Rhône et au Sud par la rivière Gier. Le Garon s'écoule dans la partie Nord de son bassin versant, depuis sa source à 700 m d'altitude jusqu'au Rhône à 151 m d'altitude, sur un linéaire de 25 km. Le réseau hydrographique du bassin est structuré autour de deux axes majeurs que sont le Garon et le Mornantet et compte environ 130 km de rivières et de ruisseaux. Le Garon s'écoule du Nord-Ouest au Sud-Est tandis que son principal affluent, le Mornantet, est orienté Ouest-Est.

Le bassin-versant du Garon présente une superficie jusqu'à sa confluence de 206 km². Le Garon prend sa source dans les Monts du Lyonnais à une altitude de 700 m. La pente moyenne du bassin versant est de 2,2 %. Cependant, il existe de fortes variations de celle-ci en fonction des tronçons : on passe d'une pente supérieure à 5 % dans les contreforts des Monts du Lyonnais à une pente qui n'est plus que de 0,5 % à Givors. Par la morphologie de sa vallée, le Garon peut être décomposé en deux parties bien distinctes :

- Le Garon amont : de la source à Brignais : les écoulements se font dans une vallée étroite avec une pente importante, où les champs d'expansion des crues débordantes sont limités ;
- La basse vallée du Garon : de Brignais à la confluence avec le Rhône. Cette partie est caractérisée par une zone alluviale avec quelques champs d'écroulement non-urbanisés.

Principales caractéristiques des phénomènes

Le bassin se caractérise par un régime hydrologique de type pluvial avec une période de basses eaux en été-automne marqué par des étiages très sévères. Ces étiages apparaissent dès le mois de juillet et sont susceptibles de provoquer un assèchement temporaire du Garon sur un tronçon allant de l'aval de Brignais à l'amont de Grigny et ceci sur une durée de plusieurs mois.

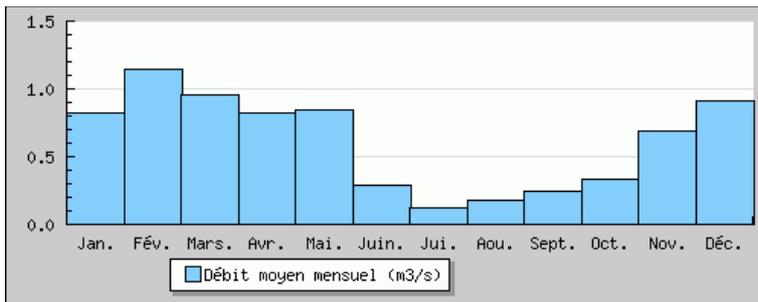


Illustration IV.10: Hydrogramme du Garon à la station de Brignais / Banque Hydro

Crues historiques du Garon :

Ne sont présentées ici que les crues qu’à partir de 1970 dont le détail des événements est extrait de l’étude hydrologique et hydraulique du bassin versant du Garon du SMAGGA d’avril 2007 et de l’EPRI du Rhône-Moyen.

Date de l’événement	Origine	Secteur touché	Observations
26 au 29 novembre 1982		Bassin versant du Garon	Débit de pointe 21,1m ³ /s
15 au 20 mars 1983		Bassin versant du Garon	Débit de pointe 25,5m ³ /s
21 au 30 avril 1983		Bassin versant du Garon	Deux pics de débit : l’un de 23,6m ³ /s et l’autre de 35,5 m ³ /s
25 novembre 1990		Bassin versant du Garon	Débit de pointe 32 m ³ /s
8-9 octobre 1993	Crue méditerranéenne : pluies soutenues pendant deux mois	Le val de Saône ainsi que les vallées de l’Ozon, du Garon, de la Bourbre et de l’Yzeron	Débit de pointe 35m ³ /s – période de retour 20 ans
2 décembre 2003	Crue océanique ; pluies diluviennes le 1er et le 2 décembre 2003	Bassin versant du GaronLes vallées du Gier, de l’Ozon, du Garon, de l’Azergues et de ses affluents	Débit de pointe à Brignais estimé entre 65 et 70 m ³ /s. La période de retour de cette crue varie de presque 100 ans à l’amont à environ 50 ans au niveau de la confluence avec le Rhône au niveau de Givors.
17 au 19 avril 2005		Bassin versant du Garon	Crue moins importante que celle de décembre 2003 mais qui s’est concrétisée par des débordements au niveau des communes en aval du bassin versant.

Études et méthodes mobilisées :

Deux études ont été utilisées pour la cartographie du TRI de Lyon. D’une part les études réalisées avant 2007 pour le PPRi du Garon approuvé le 28 juin 2007 et qui porte sur la partie aval du bassin versant. Ce PPRi traite du risque inondation sur les six communes suivantes : Brignais, Vourles, Millery, Montagny, Givors et Grigny. C’est le bureau d’études SOGREAH (étude SOGREAH – 0815566) qui a réalisé les

études d'aléas pour la DDT 69.

Nous appellerons par la suite ce secteur le « Garon aval » et le reste « Garon amont ».

Les autres études utilisées sont celles réalisées par SOGREAH en vue de l'élaboration d'un PPRi sur le Garon et ses principaux affluents en complément du PPRi approuvé en 2007. Cette étude a pour objectifs d'étudier les inondations du Garon et de ses affluents et d'établir les documents nécessaires à la mise en place d'un PPRi sur le périmètre d'étude.

Pour l'événement moyen, nous avons utilisé les données issues de l'étude PPRi de 2007 pour le Garon aval, et les études réalisées en 2011-2012 pour le Garon amont.

Pour les crues fréquente et extrême, nous avons utilisé la modélisation CARTINO PC et les débits SHYREG (cf annexe méthodologique).

Cartographie de l'événement fréquent :

Scénario retenu	Crue décennale
Modèle utilisé	CARTINO PC
Données utilisées	MNT de la BD TOPO et Q10 Shyreg
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Liées à SHYREG, CARTINO, à la précision du MNT
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Hauteur d'eau

Cartographie de l'événement moyen :

Garon amont : les données utilisées sont celles de l'étude SOGREAH de septembre 2011. Cette étude a pour objet de caractériser l'hydrologie, la topographie puis de réaliser une analyse hydrogéomorphologique et hydraulique pour cartographier les aléas.

L'étude hydrologique est fondée sur l'analyse comparative des études antérieures et une actualisation à l'aide de la méthode SPEED (cf rapport SOGREAH – JCC – N° 1742114-R1 – SEPTEMBRE 2011). L'analyse des données historiques indique que les données pluviométriques centennales sont sûrement plus importantes que celles considérées dans l'étude de SOGREAH de 1998. La méthode SPEED est utilisée pour estimer plus précisément les débits.

Sur les secteurs à enjeux forts une modélisation a été réalisée.

Le modèle utilisé est le logiciel HEC-RAS 4.1. Ce logiciel libre est développé par le corps des ingénieurs de l'armée américaine (USACE – United States Army Corps of Engineers). Ce logiciel est très complet : il permet le :

- Calcul d'écoulements en régimes critique, torrentiel ou fluvial,
- Calcul en régime permanent ou transitoire,
- Interface conviviale, représentation graphique (ouvrages, lignes d'eau, etc) aisée et rapide,
- Possibilité de « mailler » le réseau hydrographique.

Pour les secteurs avec moins d'enjeux, l'approche retenue est une approche hydrogéomorphologique (cf rapport 3 de l'étude SOGREAH 2011).

Garon aval : les données utilisées sont celles du PPRi de 2007. Les données utilisées pour la classification des aléas de ce PPR sont issues de deux études :

- étude hydraulique SOGREAH de 1998
- étude hydrogéomorphologique de SOGREAH suite aux inondations de décembre 2003.

Ensuite, la correspondance suivante a été faite pour classer les résultats de l'étude hydrogéomorphologique en aléas :

- zone de divagation possible : vitesses très fortes lors de crues → aléa fort
- lit moyen : zone d'écoulements de crues assez fréquentes avec vitesses fortes → aléa fort
- lit majeur : écoulements de crues rares avec vitesses moyennes → aléa moyen
- bras secondaires → aléa fort

Scénario retenu	Crue centennale
Modèle utilisé	Modèle SOGREAH « CARIMA » _ maillage pour la partie aval et logiciel HEC-RAS 4.1 pour la partie amont
Données utilisées	Études pour les PPRi du Garon : SOGREAH 1998 et SOGREAH 2011
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Études pour les PPRi du Garon : SOGREAH 1998 et SOGREAH 2011
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Classes d'aléa

Cartographie de l'événement extrême :

Scénario retenu	Crue millennale
Modèle utilisé	CARTINO PC
Données utilisées	MNT de la BD TOPO et Q1000 Shyreg
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Liées à SHYREG, CARTINO, à la précision du MNT
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Hauteur d'eau

3.6 – Cartes des surfaces inondables par les débordements de l'Yzeron

Bassin versant de l'Yzeron

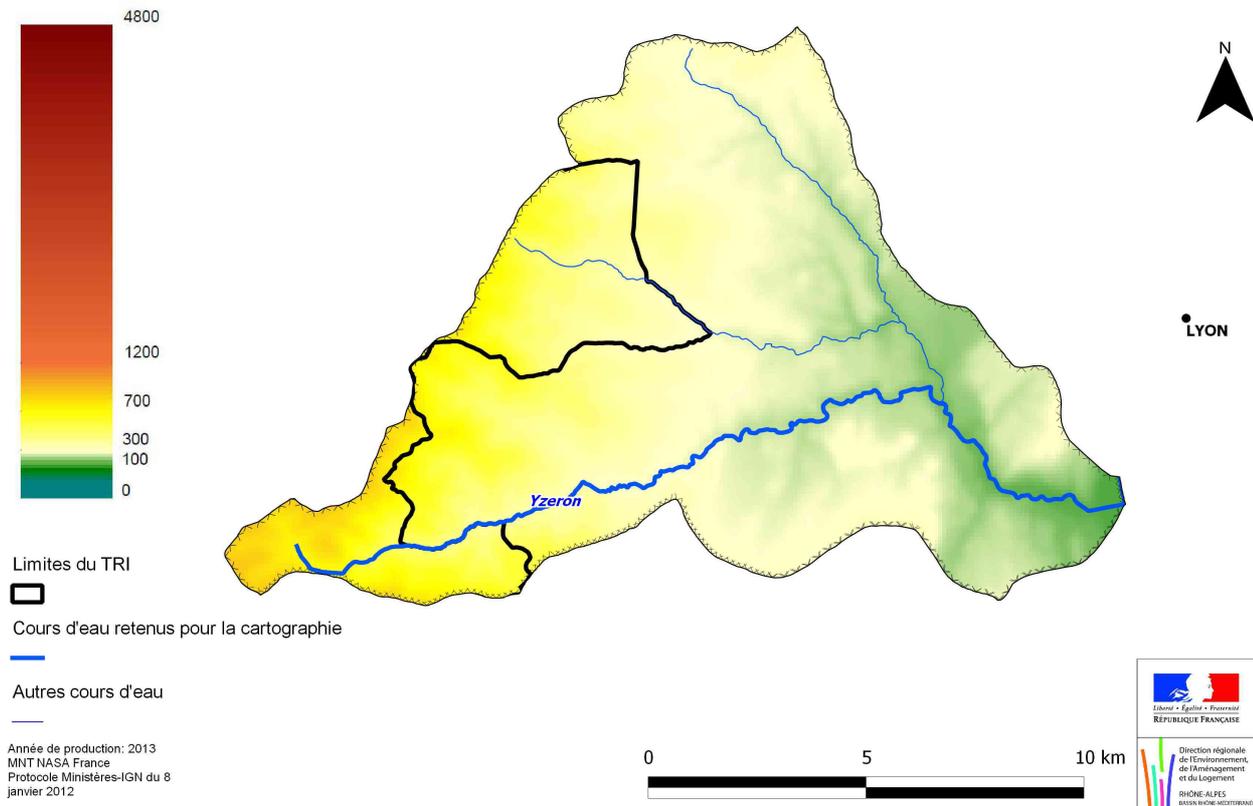


Illustration IV.11: Bassin versant de l'YZERON / DREAL Rhône-Alpes

L'Yzeron prend sa source aux environs de 780 m d'altitude sur la commune de Montromant, sur le versant est des monts du Lyonnais, il draine un bassin versant d'une superficie de 146,9 km². Il rejoint le Rhône, en rive droite, au niveau de l'agglomération lyonnaise, après un parcours de 25 km. Son principal affluent, le ruisseau de Charbonnières, qui conflue en rive gauche au niveau de Francheville, coule sur 6,7 km et draine, pour sa part, un bassin versant de 65,4 km².

Le profil en long de l'Yzeron, qui serpente sur plus de 25 km, est à l'image de la géomorphologie du bassin versant. Au début de son parcours, le lit de l'Yzeron, dont la source se situe dans les monts du lyonnais, est marqué par de fortes déclivités qui permettent à la rivière de passer des monts (zone à dominante rurale) au plateau (zone périurbaine), puis à la plaine (zone urbaine). La faible déclivité à l'approche de la confluence avec le Rhône ainsi que la densification du bâti en zone agglomérée font de ce secteur un territoire soumis au risque d'inondation (aléa fort avec des secteurs à forts enjeux).

Principales caractéristiques des phénomènes :

Par la nature géologique, la topographie et l'occupation de son bassin versant, l'Yzeron produit des crues violentes sur des durées relativement brèves (de l'ordre de quelques heures). Les terrains granitiques sont rapidement saturés. Si la partie rurale du bassin versant contribue majoritairement à la pointe des crues, l'événement est particulièrement dommageable pour les communes urbaines situées dans la partie aval du bassin versant.

Le climat du bassin versant de l'Yzeron présente un régime qui alterne les influences des climats méditerranéens, continentaux et océaniques. Le vent est canalisé par la vallée du Rhône. Le vent de Sud est fort en région lyonnaise, et précède souvent les pluies lorsque celles-ci arrivent par l'ouest. Les

précipitations moyennes annuelles atteignent 800 mm sur le bassin versant. Elles restent assez homogènes entre la tête du bassin versant et la confluence de l'Yzeron avec le Rhône. Le bassin versant présente un fonctionnement principalement pluvial : l'altitude limitée des points hauts réduit l'influence de la neige sur les écoulements et notamment sur les crues.

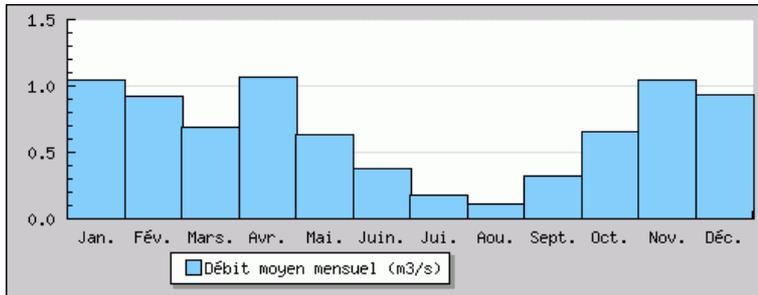


Illustration IV.12: Hydrogramme de l'Yzeron à la station de Francheville [Taffignon] / Banque Hydro

Les crues de l'Yzeron ont lieu en majorité sur la fin de l'automne et le début de l'hiver (entre octobre et décembre), et également en début de printemps (avril-mai). Le ruisseau de Charbonnières semble jouer un rôle prépondérant dans la genèse des crues. Les crues automnales et hivernales répondent plus vite sur le ruisseau de Charbonnières. Ce point n'est pas vérifié pour les crues printanières.

La forme des hydrogrammes de crues au droit des quatre stations hydrométriques indique qu'il n'existe pas de laminage de crue sur le bassin versant. Les formes sont respectées d'une station à une autre, les crêtes des hydrogrammes ne sont pas atténuées.

Estimations des temps de montée des crues :

- Yzeron à Craponne : estimation de l'ordre de 6 heures. (4 à 5h pour automne et hiver – 10h pour le printemps)
- Yzeron à Francheville : estimation de l'ordre de 7,5 heures (5h en fin d'année - 10h au printemps)
- Chaudanne à La léchère : estimation de l'ordre de 3 heures
- Mercier à la Rapaudière : estimation de l'ordre de 4 heures

Crues historiques :

Ne sont présentées ici que les crues d'après 1980. Le détail des événements est extrait du Plan de Prévention du Risque Naturel Inondation de l'Yzeron (en cours de réalisation) et de l'étude de modélisation hydraulique dans le cadre de l'élaboration du PPRi de l'Yzeron d'Hydratec de juin 2009.

Date de l'événement	Origine	Secteur touché	Observations
26 avril 1983		Bassin versant de l'Yzeron	L'une des crues les plus importantes de ces dernières années qui a inondé les quartiers de Sainte-Foy et d'Oullins. Localement, certains quartiers sont plus touchés que d'autres.
26 avril 1989		Bassin versant de l'Yzeron	
5-6 octobre 1993	Crue méditerranéenne : pluies soutenues pendant deux mois	Le val de Saône ainsi que les vallées de l'Ozon, du Garon, de la Bourbre et de l'Yzeron	La crue de 1993 est provoquée par une série d'averses soutenues début octobre après le mois de septembre le plus arrosé depuis 35 ans. Un cumul pluviométrique de 570 mm est enregistré à Bourgoin-Jallieu sur ces deux mois (crue de référence sur la Bourbre). L'événement affecte

			<p>l'ensemble du bassin du Rhône, touche plus gravement le sud, et ponctuellement aussi durement quelques secteurs au nord.</p> <p>De mémoire d'anciens on n'avait pas vu ça depuis plus de 40 ans.</p> <p>L'événement est plus intense que 1956 et que les crues ravageuses de 1984, 1987 et 1989.</p> <p>La crue est dite trentennale. En deux heures, 60 mm de pluie s'abattent sur l'Ouest lyonnais.</p> <p>Le débordement de l'Yzeron aboutit à des centaines d'inondations de caves, d'entrepôts commerciaux et de rez-de-chaussée d'habitations, principalement à Sainte-Foy-les-Lyon et à Oullins.</p> <p>Les arbres sont arrachés, les routes sont coupées et défoncées et une usine prend feu à Vaugneray.</p>
12 mai 1998		Aval du bassin versant de l'Yzeron	<p>Oullins est l'épicentre de l'orage. L'Yzeron atteint sa cote d'alerte.</p> <p>Les réseaux saturés par les trombes d'eau refoulent par les tampons.</p> <p>Plusieurs centaines de caves de maisons ou d'immeubles proches de l'Yzeron sont noyées. D'importants dégâts de voirie sont constatés à Oullins, Sainte-Foy-les-Lyon et Craponne.</p>
2 décembre 2003	Crue océanique : pluies diluviennes le 1er et le 2 décembre 2003	Les vallées du Gier, de l'Ozon, du Garon, de l'Azergues et de ses affluents	<p>La crue de 2003 est la crue la plus importante ayant eu lieu sur le bassin versant, depuis plus de 50ans. Elle correspond à un épisode pluvieux homogène sur l'ensemble du bassin versant, et a causé de nombreux dégâts. Sa période de retour a été estimée à plus de 50ans sur le bassin versant amont confluence avec le Charbonnières et de l'ordre de 20 ans en aval de la confluence.</p> <p>Sur l'agglomération lyonnaise, 100 mm de pluie s'abattent en 24h et jusqu'à 180 mm en 48h par endroit ; on égale ainsi le triste record de précipitations d'octobre 1970.</p> <p>Le département du Rhône est en alerte orange pendant deux jours pour la première fois.</p>
18 avril 2005		Oullins	<p>Oullins subit sa deuxième crue trentennale en 15 mois. Les quais sont engloutis sous plus d'un mètre</p>

			d'eau.
2 novembre 2008	Crue océanique ; pluies diluviennes le 1er et le 2 novembre 2008	Les vallées de l'Azergues et de ses affluents ainsi que celle du Gier	La crue de novembre 2008 est une crue d'automne, dont la période de retour a été estimée à 30 ans en amont de la confluence et à 10ans en aval. Les dégâts se sont surtout concentrés sur les communes de Francheville, Sainte-Foy-les-Lyon et Oullins en touchant les secteurs inondés traditionnellement.

La crue de 2003 est la crue la plus importante ayant eu lieu sur le bassin versant (station de Taffignon).

Études et méthodes mobilisées :

Les données utilisées pour le TRI sont celles réalisées par la DDT 69 pour la réalisation du PPRi Yzeron en cours d'approbation.

Les études considérées sont :

- analyse hydrologique a été réalisée par Ginger Environnement en juin 2006,
- mise à jour de cette étude en juin 2009 par hydratec pour déterminer les hypothèses de modélisation des secteurs urbanisés. Cette étude s'appuie sur les données fournies par les stations hydrométriques de Craponne située sur l'Yzeron en amont de la confluence avec le Charbonnières, et de Taffignon située à Francheville à l'aval de la confluence avec le Charbonnières.

Cette analyse aboutit aux résultats suivants :

Station	Surface du bassin versant (km²)	Débit décennal (m ³ /s)	Débit centennal (m ³ /s)
Craponne	48	25	68
Taffignon	129	58	149

La modélisation réalisée par Hydratec en 2009 porte sur les principaux cours d'eau du bassin versant de l'Yzeron, et sur les secteurs les plus urbanisés (cf carte ci-dessous).

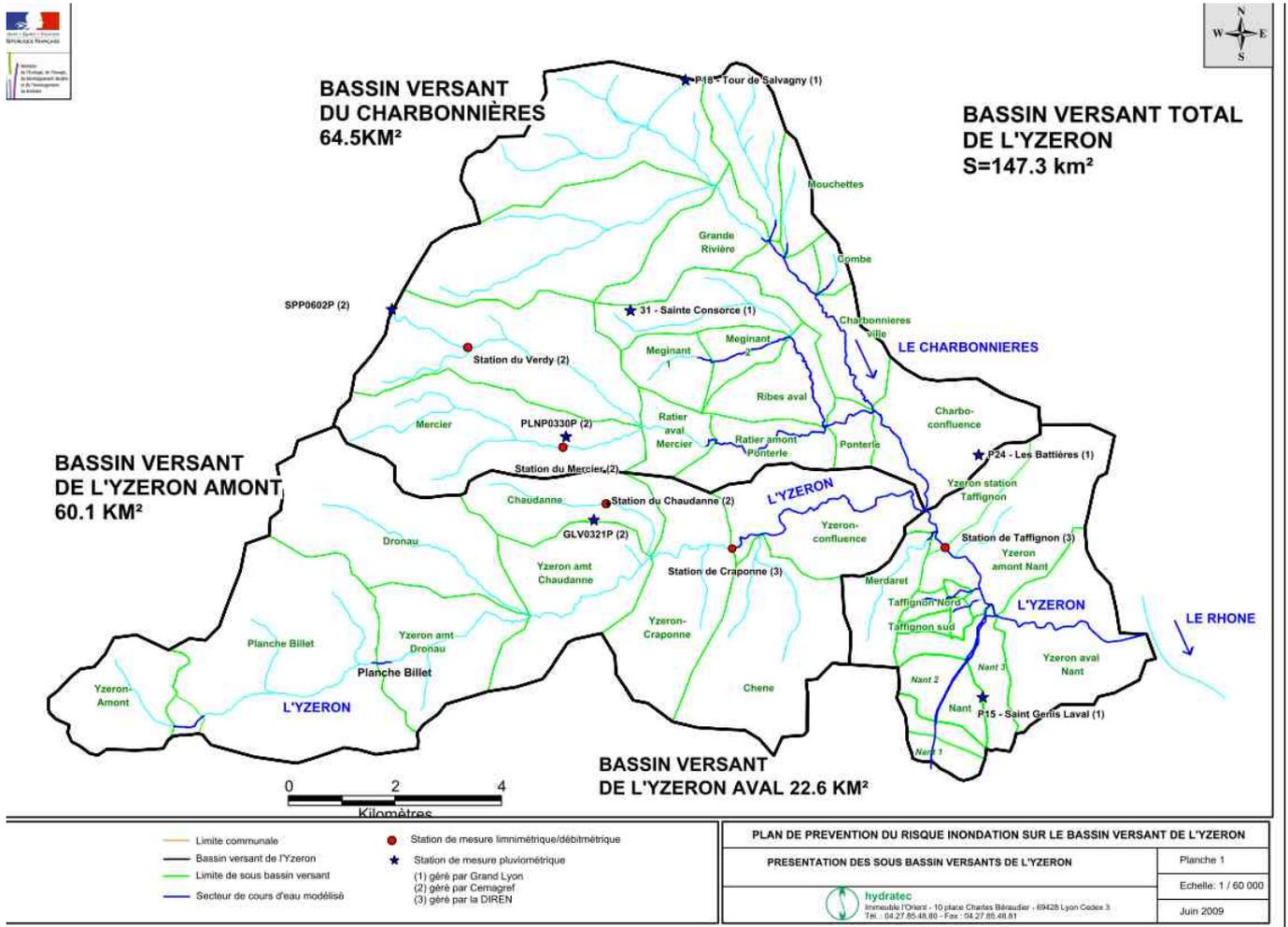


Illustration IV.13: bassin versant de l'Yzeron - emprise de modélisation / source hydratec 2009

Ouvrages pris en compte :

On ne dispose pas de données ouvrages pour l'Yzeron.

Cartographie de l'événement fréquent

Pour les secteurs urbanisés, nous disposons des hauteurs d'eau modélisées de la crue trentennale par l'étude Hydratec 2009 – réalisée dans le cadre des études d'aléa du PPRi Yzeron.

La modélisation hydraulique réalisée par Hydratec en 2009, repose sur des calculs mathématiques qui permettent de modéliser une crue d'occurrence trentennale. Cette méthode est quantitative, comparée à l'hydrogéomorphologie qui est qualitative. En effet, elle détermine des vitesses et des hauteurs d'eau et permet de produire des cotes de références sur l'ensemble du linéaire étudié. Le modèle a été calé sur les crues de 2003 et de 2008.

La méthodologie suivante a été mise en œuvre pour caractériser les débits de crue des différents cours d'eau :

- Détermination des débits caractéristiques de crue et des hydrogrammes synthétiques sur l'Yzeron et le Charbonnières, en amont de leur confluence.
- Mise en œuvre d'un modèle hydrologique pluie-débit pour caractériser les contributions des différents affluents amont, et l'évolution du débit de pointe sur les axes principaux entre l'amont

et l'aval.

- Calcul des apports des affluents urbains aval, avec prise en compte de la différence de réaction entre les bassins versants aval très urbanisés et les bassins amont plus ruraux.

Pour simuler la propagation des crues de l'Yzeron et ses affluents dans le lit mineur et les débordements éventuels en lit majeur, une modélisation mathématique des écoulements en régime transitoire a été mise en œuvre avec le logiciel HYDRARIV d'Hydratec. Le modèle permet de modéliser simultanément trois types de domaines complémentaires, communiquant entre eux par des liaisons hydrauliques :

- le domaine filaire, représentatif du lit mineur, est structuré en biefs parcourus longitudinalement par des écoulements suivant une direction privilégiée ;
- le domaine casier est constitué par des groupes de bassins naturels d'accumulation communiquant entre eux par des liaisons hydrauliques de diverses natures,
- le domaine bidimensionnel, permet de décrire le lit majeur par un maillage fin et restitue des champs de vitesses et de hauteurs d'eau locales.

Le calage du modèle hydraulique a été réalisé sur la base des laisses de crue levées lors de:

- La crue du 2 novembre 2008. Crue de période de retour décennale à trentennale et moyennement débordante Cette crue permet notamment d'ajuster les paramètres de strickler en lit mineur,
- La crue de décembre 2003. Cette crue est largement débordante et a permis de régler les paramètres de strickler en lit majeur.

Le calage du modèle s'effectue en ajustant les paramètres de rugosité du lit mineur, du lit majeur, des liaisons strickler entre pavés ainsi que sur l'ajustement des pertes de charge au droit des franchissements ou autres singularités.

Sur les tronçons de l'Yzeron compris dans le TRI et sur lesquels nous ne disposons pas de données modélisées (zone non urbanisées), la cartographie des hauteurs d'eau a été obtenue en utilisant le modèle CARTINO PC (cf annexe méthodologique) Le débit entrant considéré est la Q30 SHYREG. Le MNT utilisé est la BD-TOPO IGN ré-échantillonnée au pas de 5 m.

Le Charbonnières a également été cartographié à partir d'une modélisation CARTINO PC (cf annexe méthodologique). Le débit entrant considéré est la Q30 SHYREG. Le MNT utilisé est la BD-TOPO IGN ré-échantillonnée au pas de 5 m.

Les incertitudes et les limites des résultats obtenus sont liés aux hypothèses de calcul des débits SHYREG, à la précision du MNT utilisé, et également inhérents au modèle CARTINO PC.

Scénario retenu	Crue trentennale
Modèle utilisé	HYDRARIV / CARTINO PC
Données utilisées	Étude Hydratec / MNT de la BD TOPO et Q30 Shyreg
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Liées à SHYREG, CARTINO, à la précision du MNT
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Hauteur d'eau

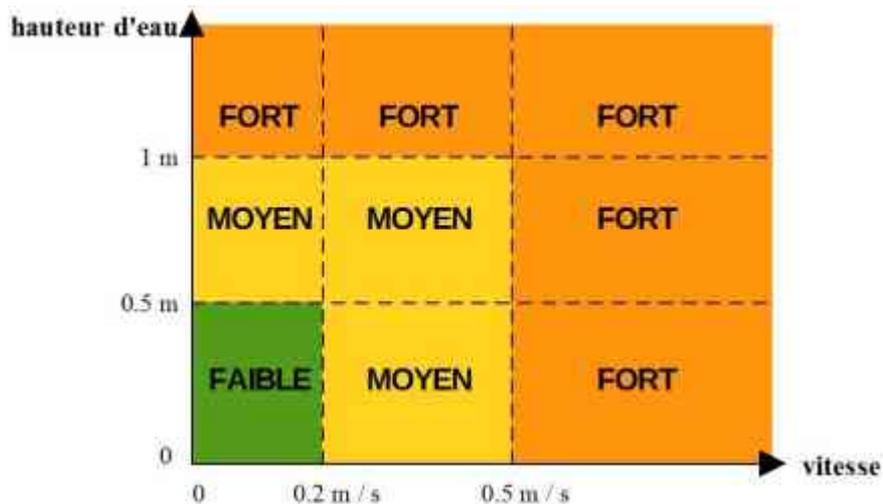
Cartographie de l'événement moyen

La cartographie de l'événement moyen reprend pour les secteurs urbanisés les résultats de l'étude Hydratec 2009 pour la crue centennale.

Se reporter au paragraphe concernant l'événement fréquent pour la présentation de la méthode utilisée par le Bureau d'Etudes.

Pour l'événement moyen du TRI de Lyon, il a été retenu de présenter des classes d'aléa du PPRi Yzeron.

La carte de l'aléa hydraulique s'obtient par croisement des paramètres de hauteur et de vitesse selon la grille de référence présentée ci-dessous :



Pour les secteurs non urbanisés, les aléas du PPRi Yzeron ont été obtenus à partir de l'étude hydrogéomorphologique réalisée par Ginger Environnement en juin 2006.

La définition des aléas issus de cette étude est basée sur un diagnostic géomorphologique dans les zones sans forts enjeux. Elle est par conséquent qualitative, réalisée à partir d'exploitation des photographies aériennes stéréoscopiques, des repères de crues et les laisses de crues et aussi par des données issues de vérifications de terrain. Cette approche géographique étudie le fonctionnement naturel des cours d'eau en analysant la structure des vallées. Ces vallées sont composées de plusieurs unités hydrogéomorphologiques: ce sont les différents lits topographiques que la rivière a façonnés dans le fond de vallée au fil des siècles, au fur et à mesure des crues successives. On distingue le lit mineur, le lit moyen, le lit majeur et les zones d'inondations potentielles. Cette approche ne donne pas de valeurs quantifiées des hauteurs et des vitesses d'écoulement par rapport à une crue de référence.

Dans les zones non urbanisées, où la méthode hydrogéomorphologique a été réalisée (pas de modélisation de réalisée dans le cadre de l'étude d'aléa du PPR), la classification de l'aléa s'appuie sur la correspondance suivante entre niveaux d'aléas et unités hydrogéomorphologiques :

- Le lit mineur, ainsi que les zones qualifiées d'écoulement dynamique et les axes d'écoulement inscrits à l'intérieur du lit majeur, sont classés en **aléa fort**.
- En dehors de ces zones, le reste du lit majeur correspondant aux bordures externes de la plaine alluviale et aux grandes zones d'expansion de crues mobilisées lors des crues exceptionnelles, sont classés en aléa faible.

Pour mémoire : dans les zones urbanisées, au-delà des résultats de la modélisation, l'aléa inondation issu

de l'étude Ginger est considéré comme très faible, et cartographié ainsi dans le PPRi Yzeron. Dans la cartographie de l'événement moyen du TRI de Lyon, cet aléa n'a pas été pris en compte.

Scénario retenu	Crue centennale
Modèle utilisé	HYDRARIV
Données utilisées	Étude hydratec 2009 et étude hydrogéomorphologique Ginger Environnement 2006
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Hauteur d'eau

Cartographie de l'événement extrême :

Les données utilisées pour cartographier l'événement extrême de l'Yzeron sont reprises du dossier du Programme d'Action de Prévention des Inondations du bassin versant de l'Yzeron. Dans le cadre de l'élaboration de ce programme, le SAGYRC a fait réaliser la modélisation de la Q 1000 sur la même base que celle utilisée par Hydratec pour la Q100 et la Q30.

Les résultats du modèle ne couvrent que les zones urbaines. Pour les zones non urbanisées, le modèle CARTINO PC (cf annexe méthodologique) a été utilisé. Les résultats sont donnés en classe de hauteur d'eau.

Les données utilisées pour CARTINO sont : débits SHYREG Q1000 recalés avec les études existantes pour assurer la cohérence et la continuité des zones inondables déterminées par Hydratec et le MNT de la BD TOPO ré-échantillonnée au pas de 5m. CARTINO et le mode de calcul des débits SHYREG sont présentés en annexe II.

Les incertitudes et les limites des résultats obtenus sont liées aux hypothèses de calcul des débits SHYREG, à la précision du MNT utilisé, et également inhérents au modèle CARTINO PC.

Le Charbonnières a été cartographié selon les mêmes hypothèses.

Scénario retenu	Q 1000
Modèle utilisé	HYDRARIV / CARTINO PC
Données utilisées	Étude hydratec / MNT de la BD TOPO et Q1000 Shyreg recalée avec l'étude Hydratec
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Liées à SHYREG, CARTINO, à la précision du MNT
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Hauteur d'eau

Remarque : Il conviendra lors de l'élaboration de la stratégie locale de considérer l'ensemble du bassin versant de l'Yzeron. Dans cette phase de cartographie, faute de données, certains affluents n'ont pu être cartographiés, néanmoins, il conviendra de les prendre en compte dans la stratégie locale.

3.7 – Cartes des surfaces inondables par les débordements du Gier

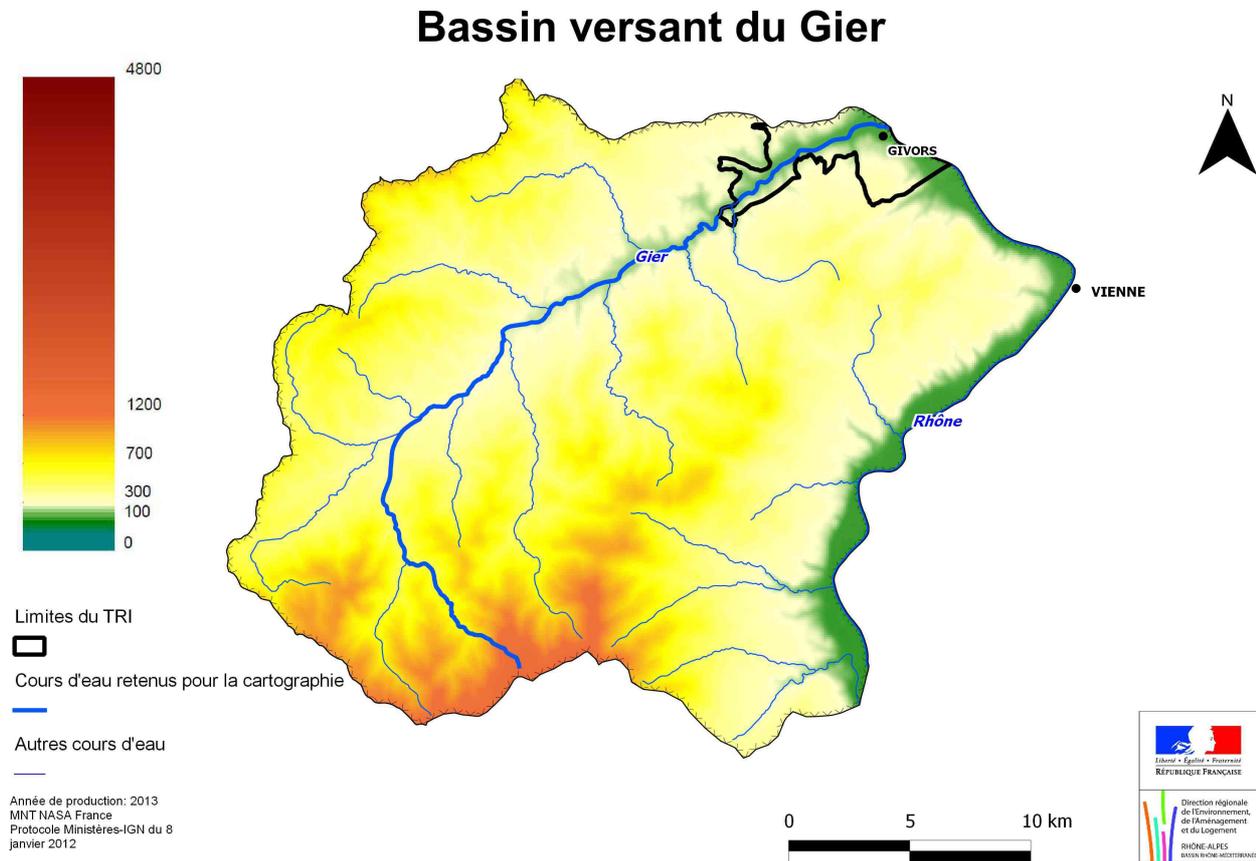


Illustration IV.14: Bassin versant du Gier / DREAL Rhône-Alpes

Le Gier est un affluent situé en rive Droite du Rhône. Son bassin versant s'étend sur 425 km² dans le département de la Loire et du Rhône. Le Gier prend sa source au Crêt de la Perdrix dans le département de la Loire (à 1 299 m d'altitude) et va se jeter dans le Rhône à Givors (altitude de 153 m) après un parcours d'environ 40 km. Ses principaux affluents sont en rive gauche le Janon, le Langonand, la Durèze et le Bozançon et en rive droite le Couzon, le Dorlay, le Grand Malval et le Mézerin. Au total, le bassin versant compte environ 220 km de cours d'eau. Le bassin versant du Gier s'étend sur trois territoires très contrastés :

- en rive droite, le versant du massif du Pilat, montagneux (sommets à 1 400 m), pentu, essentiellement recouvert de forêts et prairies, peu urbanisé et orienté au Nord,
- en rive gauche, le versant des Monts du Lyonnais à relief plutôt collinaire, d'altitude plus faible, avec des terrains sableux et orientés au sud, propices à l'arboriculture,
- dans l'axe de la vallée une zone urbaine, industrielle, quasiment continue, s'étendant de Terrenoire à l'amont (commune de Saint-Etienne) à Givors à l'aval, en passant par Saint-Chamond, Rive-de-Gier...

Principales caractéristiques des phénomènes

L'hydrologie du Gier est de type pluvial avec des basses eaux en été (minimum en août) et des hautes eaux de l'automne au printemps (maximum en janvier à Givors). En étiage, on constate que de nombreux affluents sont à sec, et le débit du Gier baisse fortement.

Le bassin versant du Gier subit d'importants cumuls de pluie sur une période courte pendant les mois d'automne. En effet, il peut être touché par des « résidus » d'épisodes cévenols comme ce fut le cas en 2003 (environ 200 mm en 24 heures sur sol sec le 1er décembre) et en 2008 (entre 60 et 100 mm d'eau tombée lors de la journée du 1er novembre 2008 sur sol saturé). En parallèle, les versants présentent des pentes relativement fortes : plus de 60 % du territoire dispose d'une pente supérieure à 5 % dont 30 % à plus de 15 %. Ces deux éléments font que le bassin versant du Gier est marqué par des crues fréquentes, soudaines et violentes. Les plus forts événements recensés sur une période de 300 ans (d'après le rapport hydraulique du PPRi du bassin versant du Gier) sont : août 1684, novembre 1777, août 1834, novembre 1840 (supérieur à 500 m³/s), novembre 1856 (500 m³/s), mai 1872, août 1900, mai 1959, décembre 2003 et novembre 2008.

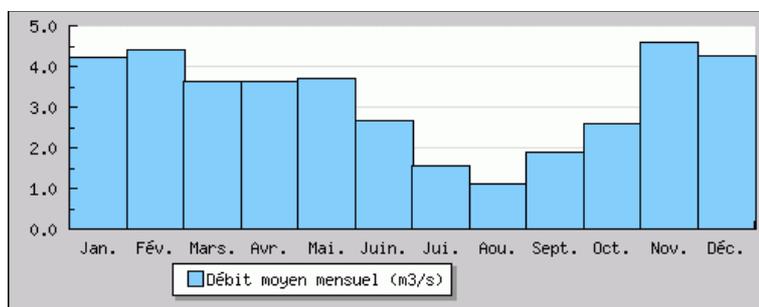


Illustration IV.15: Hydrogramme du Gier à la station de Givors / Banque Hydro

Études et méthodes mobilisées :

Les études prises en compte dans la cartographie de la directive inondation du Gier sont celles réalisées pour les PPRi du Gier dans la Loire et le Rhône. Ces études ont été complétées pour disposer des classes de hauteur d'eau pour la crue fréquente (c'est le même bureau d'étude qui a réalisé l'étude – reprenant le même modèle). Pour l'événement extrême, le bureau d'étude n'a pas encore achevé la cartographie des hauteurs d'eau faute de MNT de qualité satisfaisante.

Les études réalisées pour le compte de la DDT de la Loire sont :

- Etude Hydraulique de la rivière « le Gier » et de ses affluents – rapport d'étude Hydrologique – octobre 2009

- Etude Hydraulique de la rivière « le Gier » et de ses affluents – rapport d'étude Hydraulique – mai 2010

L'étude hydrologique a consisté en la mise à jour de l'hydrologie du Gier avec la méthode SPEED en s'appuyant sur les 24 stations pluviométriques situées à proximité du bassin versant et prenant compte l'événement de novembre 2008.

L'étude hydraulique a permis la détermination des écoulements du Gier et de ses affluents en utilisant le logiciel HEC-RAS. Celui-ci a été construit à partir du modèle déjà existant et issu des études antérieures. Il a été réglé, en ce qui concerne le Gier, à partir des laisses de la crue de novembre 2008. Le réglage a montré que, sur la partie amont, les écoulements s'effectuent fréquemment en régime critique (ce régime correspond à la limite en régime torrentiel et régime fluvial). La moyenne des écarts absolus entre niveau observé et niveau calculé (ou représentatif) est de 11 cm ce qui témoigne d'un réglage satisfaisant. En ce qui concerne les affluents, il s'est agi simplement de déterminer le débit qui permet d'expliquer le mieux les niveaux observés. Cette étude a permis la réalisation des cartes des zones inondables pour le Gier et les affluents pris en compte dans le PPRi, elle a permis également la détermination de l'emprise des crues décennale, trentennale, cinquantennale. Seules les hauteurs d'eau et les vitesses sont déterminées pour la

crue centennale. Sur le bassin versant, le Gier et ses affluents sont couverts sur des linéaires relativement importants. Ces zones couvertes ne sont parfois pas suffisamment capacitaires pour laisser s'écouler les débits de crue. Lorsque la couverture se met en charge, des phénomènes de ruissellement sont observés et viennent ainsi inonder les biens et les personnes situés sur les zones couvertes. Pour tenir compte de ce phénomène, la DDT a réalisé une étude de ruissellement sur les couvertures du Gier et du Janon à St Chamond ainsi que du Gier et du Couzon à Rive de Gier. Cette étude a été finalisée au printemps 2012 et réalisée par ARTELIA. Cette étude a permis de connaître l'aléa ruissellement des eaux en lien avec le débordement des cours d'eau sur les principales couvertures du bassin versant pour la crue centennale. La DDT 42 a lancé une étude complémentaire pour connaître les hauteurs d'eau et vitesse pour la crue trentennale et pour la crue millénaire. Les données de la crue exceptionnelle ne sont pas encore disponibles.

Crues historiques sur le Gier :

Le détail des événements est extrait de l'EPRI du Rhône-Moyen.

Date de l'événement	Origine	Secteur touché	Observations
2 décembre 2003	Crue océanique ; pluies diluviennes le 1er et le 2 décembre 2003	Les vallées du Gier, de l'Ozon, du Garon, de l'Azergues et de ses affluents	C'est un des secteurs les plus touchés. Les dégâts sont particulièrement importants. La crue du Gier cause des dommages aux voies de communication, l'autoroute A-47 Lyon-Saint Etienne est coupée, le pont de Givors s'effondre. La crue cause également des dommages notables aux habitations, aux bâtiments d'activités, aux ouvrages de protection et aux berges des cours d'eau. L'autoroute A 47 fait l'objet d'un dispositif de mise en sécurité.
2 novembre 2008	Crue océanique ; pluies diluviennes le 1er et le 2 novembre 2008	Les vallées de l'Azergues et de ses affluents ainsi que celle du Gier	Les villes de Rive-de-Gier, Saint-Romain-en-Gier et Givors sont envahies par les eaux dans la nuit du 1er au 2 novembre 2008. Le niveau des eaux de crue atteint un à deux mètres dans certaines rues de Rive-de-Gier. La commune (14 000 habitants) constitue le principal point noir du département : les dégâts aux commerces (stocks, arrêt d'activité) et aux particuliers sont importants, plus de 200 véhicules automobiles sont sinistrés, certains emportés par les eaux.

Ouvrages pris en compte :

Les ouvrages ne sont pas pris en compte dans la cartographie des inondations.

Cartographie de l'événement fréquent :

Cette cartographie est effectuée à partir des résultats des études de 2009-2010 (cf ci-dessus) ayant servis à la délimitation de l'enveloppe de la crue trentennale. Les niveaux calculés aux différents points de

calcul sont utilisés pour générer un modèle numérique de la surface libre en eau (MNSLE). Les différents documents topographiques utilisés en 2010 avaient permis de générer un modèle numérique du terrain naturel (MNT). Les hauteurs d'eau sont déterminées à l'aide d'un logiciel IG (MapInfo – Vertical Mapper) par différence entre les deux modèles numériques.

Scénario retenu	Q10
Modèle utilisé	HEC-RAS
Données utilisées	Étude SOGREAH 2009, 2010 – Artélia 2013
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Liées au modèle et à la précision du MNT
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Hauteur d'eau

Cartographie de l'événement moyen :

Utilisation des études SOGREAH 2009 et 2010 ayant permis de réaliser la carte d'aléa du PPRi du Gier. Cf paragraphe « études et données mobilisées » pour les éléments concernant cette cartographie.

Scénario retenu	Q100
Modèle utilisé	HEC-RAS
Données utilisées	Étude SOGREAH 2009, 2010
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Liées au modèle
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Classes d'aléa

Cartographie de l'événement extrême :

Les données concernant la crue extrême n'étant pas disponibles dans les échéances de la mise en ligne de la cartographie du TRI de Lyon pour la phase de consultation, il a été décidé d'utiliser le modèle CARTINO PC (cf annexe méthodologique) et les données de débit SHYREG (cf annexe méthodologique) recalées avec les études existantes pour cartographier cette occurrence.

Scénario retenu	Q1000
Modèle utilisé	Cartino PC
Données utilisées	Débits Shyreg, MNT BD topo

Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Liées au modèle, à la précision du MNT, aux données SHYREG
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Hauteurs d'eau

3.8 – Cartes des surfaces inondables par les débordements des rivières du Beaujolais

Bassin versant des rivières du Beaujolais

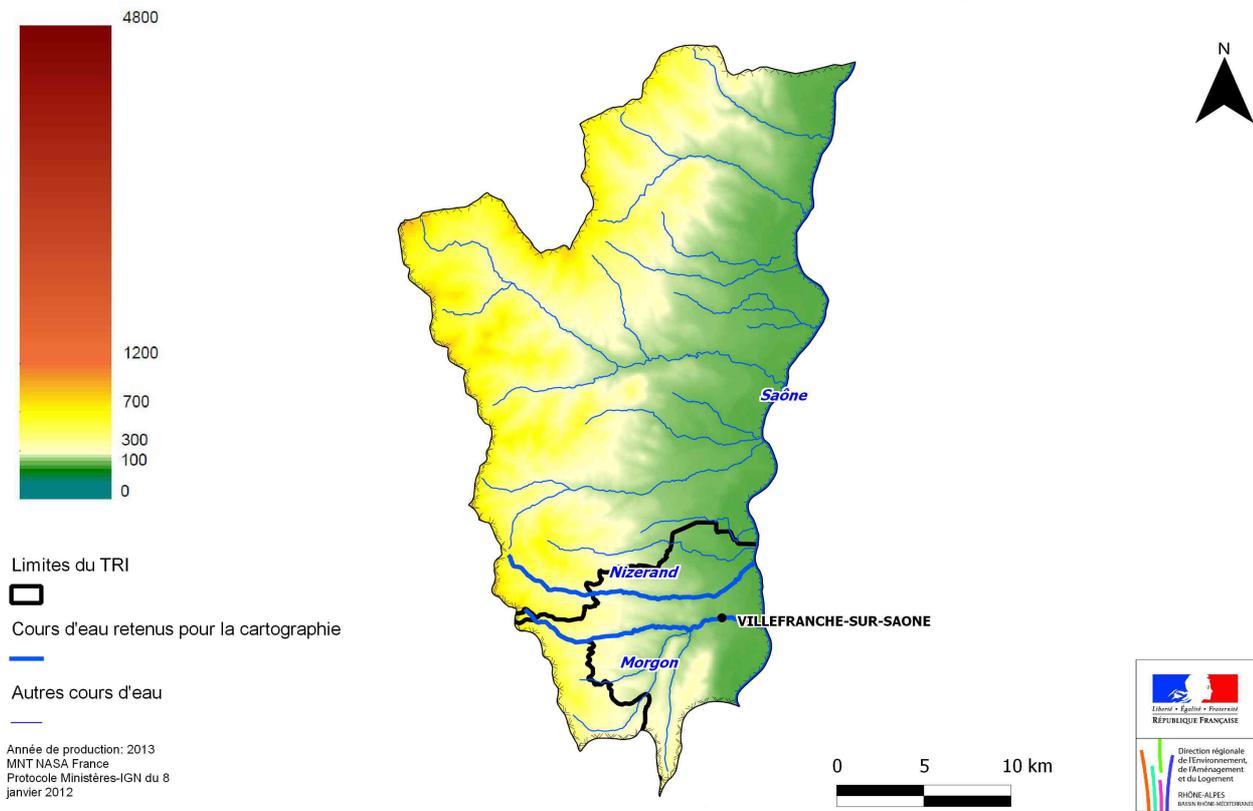


Illustration IV.16: Bassin versant des rivières du Beaujolais / DREAL Rhône-Alpes

Principales caractéristiques des phénomènes

De par leurs caractéristiques, les cours d'eau du Beaujolais sont soumis à des crues rapides et parfois violentes, susceptibles d'engendrer des inondations et des dégâts en lit majeur des cours d'eau. En outre, ces cours d'eau subissent généralement des étiages sévères, avec les conséquences qui peuvent en découler en terme de qualité. De tout temps, ces cours d'eau ont par ailleurs fait l'objet d'aménagements (recalibrage, rectification, endiguement, remblaiements, protection et fixation des berges...) dont les conséquences sur leur fonctionnement hydraulique et écologique sont nombreuses. De plus, l'influence des pratiques viticoles apparaît comme une composante déterminante sur ce territoire où 40 % de la surface est occupée par le vignoble.

Études et méthodes mobilisées :

Étude GEOPLUS 2010 commandée par le Syndicat Mixte des Rivières du Beaujolais (SMRB) sur l'ensemble du bassin versant du Beaujolais.

La première partie de cette étude porte sur : un recueil des données, la seconde partie de cette étude consiste en la modélisation hydraulique et en la cartographie des inondations sur le bassin versant des rivières du Beaujolais.

Les modèles numériques mis en œuvre par GéoPlusEnvironnement ont tous été réalisés en régime transitoire à partir du logiciel ISIS Flow.

La modélisation hydraulique proposée permet de calculer des cotes d'eau atteintes pour des conditions hydrauliques particulières. Elle est à même d'intégrer des hydrogrammes de crue en provenance des différentes superficies participantes du bassin versant (affluents, apports latéraux, ...). Les vitesses peuvent être estimées distinctement par tranches homogènes en lit mineur et en lit majeur. En secteur de plaine d'inondation, où les écoulements sont plus complexes, on peut faire appel à un maillage d'écoulements secondaires. Le modèle permet alors de reconstituer les caractéristiques des écoulements en termes de hauteurs et éventuellement de vitesses, en fonction des débits pris en compte.

Le modèle ISIS Flow remplit ces différentes fonctions et permet de réaliser ces calculs. Il s'agit d'un modèle quasi bi-dimensionnel à casiers et écoulements latéraux. Chaque modèle a été calé par rapport une crue historique connue et à partir des levés de laisses de crues et témoignages récupérés lors de la phase 1. Il est à noter que les modèles ne prennent pas en compte les risques d'embâcles obstruant les ouvrages.

Pour les données de débit, seule la station de Beaujeu est réellement utilisable pour le calage des modèles, car elle met en jeu les débits les plus naturels et donc proches des débits hydrologiques de bassin versant.

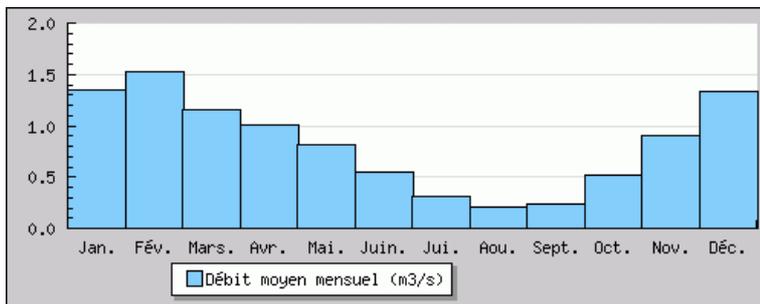


Illustration IV.17 : Hydrogramme de l'Ardières à la station de Beaujeu / Banque Hydro

3.8.1 – Le Nizerand

Le Nizerand prend sa source sur la commune de Rivolet dans les monts du Beaujolais. Il s'étend ensuite sur 16,6 km en traversant les communes de Denicé, Gleizé puis Arnas avant de rejoindre la rivière Saône. Son bassin versant est allongé dans le sens Est-Ouest pour une surface de 28 km².

Les caractéristiques topographiques du bassin versant du Nizerand sont reportées dans le tableau suivant :

Rivière	Surface du bassin-versant	Longueur du cours d'eau	Pente moyenne du cours d'eau
Nizerand	28 km²	16,6 km	2,8 %

L'écoulement du Nizerand sur la traversée de la commune de Rivolet est de régime torrentiel. Les pentes

y sont élevées (>6%). Dans ce secteur, la commune connaît principalement des problèmes morphodynamiques dus aux fortes vitesses des écoulements. Les incisions du lit y sont fréquentes ainsi que le transport de sédiment provenant du haut du bassin versant.

La transition entre les communes de Rivolet et de Denicé est marquée par une réduction notable des pentes de l'écoulement. Le talweg du Nizerand s'élargit dans la traversée de Denicé et des zones d'expansion des crues apparaissent. La traversée de la commune de Denicé présente un resserrement de l'espace de liberté du Nizerand. Les premières zones à enjeux exposés apparaissent du fait de la proximité des habitations et de la faible possibilité du cours d'eau à pouvoir divaguer. La plaine entre la commune de Denicé et la commune de Gleizé est une zone d'expansion forte des eaux jusqu'au lycée technique de Gleizé. A partir de celui-ci, le cours d'eau connaît une partie souterraine puis revient à ciel ouvert. Son lit majeur est alors fortement urbanisé et il ne peut pas divaguer sans impacter fortement sur les infrastructures riveraines.

Crues historiques :

Date de l'événement	Origine	Secteur touché	Observations
5 juillet 1993		Communes de Rivolet et Denicé	Sur la commune de Denicé, les eaux ont largement débordé dans le centre-ville provoquant l'inondation du lotissement « Le Nizerand » avec des hauteurs d'eau de 0,5 m dans les habitations. La RD 426 fut submergée par 1,1 m d'eau caractéristique
2 novembre 2008		Commune de Denicé	La crue du 2 novembre 2008 fut moins catastrophique. Le Nizerand n'a pas débordé sur le lotissement «Le Nizerand». Des ouvrages longitudinaux (berges) et transversaux (pont, passerelles) ont été endommagés, notamment sur la commune de Denicé. La commune de Gleizé fut moins touchée grâce à l'écrêtement qui s'est fait dans les plaines en amont de la commune. Néanmoins, des maisons ont été inondées en amont de la RN6 par débordement du cours d'eau.

Ouvrages pris en compte :

Les ouvrages ne sont pas pris en compte dans la cartographie des inondations.

Cartographie de l'événement fréquent :

Les données utilisées pour la cartographie de l'événement fréquent sont les données issues de l'étude Geoplus 2010 pour l'emprise de la zone inondable et les classes de hauteurs ont été obtenues par modélisation via le modèle CARTINO PC (cf annexe méthodologique) et les débits Shyreg.

L'enveloppe de zone inondable a été obtenue en utilisant le logiciel ISIS Flow. Geoplus a adapté les modèles de calcul de débit aux spécificités du bassin versant du Beaujolais : les coteaux du Beaujolais sont aménagés en vigne et une grande partie de la végétation naturelle a été arrachée. La réaction hydrologique de ces bassins est alors plus rapide que celles de coteaux naturels. Les méthodes classiques, telles que Crupedix, Socose, sous-estiment les débits réellement ruisselés.

Les hauteurs d'eau pour cette occurrence ont été établies par les résultats du modèle CARTINO PC.

Scénario retenu	Q10
Modèle utilisé	ISIS Flow / CARTINO PC
Données utilisées	Étude Géoplus 2010, MNT de la BD TOPO et Q10 Shyreg
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Liées à SHYREG, CARTINO, à la précision du MNT
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Hauteur d'eau

Cartographie de l'événement moyen :

Les données utilisées pour la cartographie de l'événement moyen sont les données issues de l'étude Geoplus 2010 : les hauteurs d'eau de la crue centennale.

Ces hauteurs d'eau Q100 ont été obtenues en utilisant les modèles cités ci-dessus. Geoplus a utilisé la méthode du Gradex progressif développée par le CEMAGREF de Lyon pour le calcul des débits Q100.

Les classes de hauteurs de la directive inondation ont été réalisées à partir des données de la crue centennale en hauteur d'eau géolocalisées issues de l'étude Géoplus 2010.

Scénario retenu	Q100
Modèle utilisé	ISIS Flow
Données utilisées	Étude Géoplus 2010
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Hauteur d'eau

Cartographie de l'événement extrême :

L'événement extrême a été réalisé par le modèle CARTINO PC (cf annexe méthodologique) par la DREAL Rhône-Alpes. Les hypothèses retenues pour la cartographie de l'événement extrême du Nizerand sont les suivantes :

- MNT : BD TOPO IGN ré-échantillonné au pas de 5m.
- données Shyreg Q1000.

Scénario retenu	Crue millennale
Modèle utilisé	CARTINO PC
Données utilisées	MNT de la BD TOPO et Q1000 Shyreg
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Liées à SHYREG, CARTINO, à la précision du MNT
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Hauteur d'eau

Remarque valable pour l'ensemble des événements cartographiés :

Le linéaire cartographié ici reprend les résultats de l'étude Geoplus 2010. Cette étude n'a pas étudié l'ensemble du cours d'eau compris dans le TRI de Lyon. Il conviendra donc, dans le cadre de la stratégie locale du TRI de Lyon de réaliser une mise à jour de ces données sur l'ensemble du Nizerand compris dans l'emprise du TRI.

3.8.2 – Le Morgon

Le Morgon prend sa source sur la commune de Cogny. Il s'étend sur 15,7 km. Il possède deux affluents importants : le Merloux et la Galoche. Ces trois cours d'eau confluent quasiment au même point sur la commune de Gleizé pour ensuite traverser Villefranche-sur-Saône. La traversée de Villefranche-sur-Saône a une partie enterrée de capacité hydraulique limitée. Le bassin versant du Morgon a une surface de 74 km² à son exutoire dans la Saône.

Les caractéristiques topographiques du bassin versant du Morgon du Merloux et de la Galoche sont reportées dans le tableau suivant :

Rivière	Surface du bassin-versant	Longueur du cours d'eau	Pente moyenne du cours d'eau
Morgon	74 km ²	15,7 km	4,3 %
Merloux	45 km ²	11,4 km	2,5 %
Galoche	12,6 km ²	8,5 km	3,0%

La partie haute des bassins versants du Morgon, du Merloux et de la Galoche est très pentue (>10%) et essentiellement boisée. Le bassin du Morgon a un point culminant plus haut que pour les deux autres cours d'eau. On trouve principalement des vignes en culture. Le Morgon connaît une urbanisation dense à partir de la commune de Gleizé. Les pentes se réduisent (~1 %) et l'urbanisation se densifie. Le Morgon est contraint par l'urbanisation et s'écoule en souterrain sur une partie de la traversée de Villefranche-sur-Saône.

Crues historiques :

Date de l'événement	Origine	Secteur touché	Observations
1977, 1983, 5 juillet 1993, 10-11 juin et 4 juillet 2010	Orageuse d'été	Communes de Lacenas, Liergues et Glaizé	Villefranche-sur-Saône fut épargnée par les écrêtements des crues réalisés sur les communes en amont. Dans le secteur, c'est la crue de 1983 qui fut la plus importante car elle fit monter les eaux des trois cours d'eau, contrairement à 1993 qui concerna principalement le Morgon. GEOPLUS, en 1998, classait la crue de 1983 en crue centennale, elle coïncida également avec une crue de la Saône.
2 novembre 2008		Commune de Villefranche-sur-saône	Crue la plus importante pour le Morgon au niveau de Villefranche-sur-Saône. De mémoire d'homme, elle reste la seule crue ayant causé un débordement du Morgon au niveau de son passage souterrain, et cela sans subir l'influence d'une crue de la Saône. Le coût de réparation des dégâts de la crue se monte aux alentours de 2,5 millions d'euros pour la commune.

Ouvrages pris en compte :

Les ouvrages ne sont pas pris en compte dans la cartographie des inondations.

Cartographie de l'événement fréquent :

Les données utilisées pour la cartographie de l'événement fréquent sont les données issues de l'étude Geoplus 2010 : l'enveloppe de zone inondable de la crue décennale.

Cette enveloppe de zone inondable a été obtenue en utilisant le logiciel ISIS Flow. Geoplus a adapté les modèles de calcul de débit aux spécificités du bassin versant du Beaujolais : les coteaux du Beaujolais sont aménagés en vigne et une grande partie de la végétation naturelle a été arrachée. La réaction hydrologique de ces bassins est alors plus rapide que celles de coteaux naturels. Les méthodes classiques, telles que Crupedix, Socose, sous-estiment les débits réellement ruisselés.

Les hauteurs d'eau pour cette occurrence ont été établies par les résultats du modèle CARTINO PC à partir des débits Shyreg Q10 recalés avec les données de l'étude Géoplus.

Scénario retenu	Q10
Modèle utilisé	ISIS Flow / CARTINO PC
Données utilisées	Étude Géoplus 2010, MNT de la BD TOPO et Q10 Shyreg recalés

Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Liées à SHYREG, CARTINO, à la précision du MNT
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Hauteur d'eau

Cartographie de l'événement moyen :

Les données utilisées pour la cartographie de l'événement moyen sont les données issues de l'étude Geoplus 2010 : les hauteurs d'eau de la crue centennale.

Ces hauteurs d'eau Q100 ont été obtenues en utilisant les modèles cités ci-dessus. Geoplus a utilisé la méthode du Gradex progressif développée par le CEMAGREF de Lyon pour le calcul des débits Q100.

Les classes de hauteurs de la directive inondation ont été réalisées à partir des données de la crue centennale en hauteur d'eau géolocalisées issues de l'étude Géoplus 2010.

Ces données ont été complétées pour Cogny et Jarnioux par le modèle CARTINO PC (cf annexe méthodologique) afin de disposer des données sur l'ensemble du TRI.

Scénario retenu	Q100
Modèle utilisé	ISIS Flow / Cartino PC pour une commune
Données utilisées	Étude Géoplus 2010
Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Hauteur d'eau

Cartographie de l'événement extrême :

L'événement extrême a été réalisé par le modèle CARTINO PC (cf annexe méthodologique) par la DREAL Rhône-Alpes. Les hypothèses retenues pour la cartographie de l'événement extrême du Morgon sont les suivantes :

- MNT : BD TOPO IGN ré-échantillonné au pas de 5 m.
- données Shyreg Q1000.

Scénario retenu	Crue millennale
Modèle utilisé	CARTINO PC
Données utilisées	MNT de la BD TOPO et Q1000 Shyreg

Prise en compte des ouvrages de protection	Non
Incertitudes et limites	Liées à SHYREG, CARTINO, à la précision du MNT
Mode de représentation retenu pour la cartographie	Hauteur d'eau

3.9 – Carte de synthèse des surfaces inondables

Il s'agit de cartes restituant la synthèse des surfaces inondables de l'ensemble des scénarios (fréquent, moyen, extrême) par type d'aléa considéré pour le TRI. Ne sont ainsi représentées sur ce type de carte que les limites des surfaces inondables.

Les cartes de synthèse du TRI de Lyon ont été établies pour l'ensemble des débordements de cours d'eau.

Plus particulièrement pour la cartographie des débordements de cours d'eau, celle-ci a été élaborée à partir de l'agrégation par scénario des enveloppes de surfaces inondables de chaque cours d'eau cartographié. Ainsi, dans les zones de confluence, l'enveloppe retenue correspond à l'extension du cours d'eau le plus étendu en un point donné pour le scénario considéré.

Son échelle de validité est le 1 / 25 000°.

V. Cartographie des risques d'inondation du TRI

La cartographie des risques d'inondation est construite à partir du croisement entre les cartes de synthèse des surfaces inondables et les enjeux présents au sein de ces enveloppes. Elles sont de fait établies uniquement pour l'ensemble des débordements de cours d'eau.

En outre, une estimation de la population permanente et des emplois a été comptabilisée par commune et par scénario. Elle est complétée par une comparaison de ces résultats avec la population communale totale et la population saisonnière moyenne à l'échelle de la commune.

Son échelle de validité est le 1 / 25 000°.

4.1 – Méthode de caractérisation des enjeux

L'élaboration des cartes de risque s'est appuyée sur un système d'information géographique (SIG) respectant le modèle de données établi par l'IGN et validé par la Commission de Validation des Données pour l'Information Spatialisée (COVADIS)¹.

Certaines bases de données ont été produites au niveau national, d'autres données proviennent d'informations soit d'une base commune à l'échelle du bassin, issue des travaux de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI), soit de bases plus locales.

4.2 – Type d'enjeux caractérisés pour la cartographie des risques

L'article R. 566-7 du Code de l'environnement demande de tenir compte a minima des enjeux suivants :

1. Le nombre indicatif d'habitants potentiellement touchés ;
2. Les types d'activités économiques dans la zone potentiellement touchée ;
3. Les installations ou activités visées à l'annexe I de la directive 2010/75/ UE du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles (prévention et réduction intégrées de la pollution), qui sont susceptibles de provoquer une pollution accidentelle en cas d'inondation, et les zones protégées potentiellement touchées visées à l'annexe IV, point 1 i, iii et v, de la directive 2000/60/ CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau ;
4. Les installations relevant de l'arrêté ministériel prévu au b du 4° du II de l'article R. 512-8 ;
5. Les établissements, les infrastructures ou installations sensibles dont l'inondation peut aggraver ou compliquer la gestion de crise, notamment les établissements recevant du public.

Conformément à cet article, il a été choisi de retenir les enjeux suivant pour la cartographie des risques du TRI de Lyon :

1. Estimation de la population permanente dans la zone potentiellement touchée

Il s'agit d'une évaluation de la population permanente présente dans les différentes surfaces inondables, au sein de chaque commune du TRI. Celle-ci a été établie à partir d'un semis de points discrétisant l'estimation de la population légale INSEE 2010 à l'échelle de chaque parcelle. Les précisions sur la

¹ La Commission de Validation des Données pour l'Information Spatialisée (COVADIS) est une commission interministérielle mise en place par le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et par le ministère de l'agriculture et de l'agroalimentaire pour standardiser leurs données géographiques les plus fréquemment utilisées dans leurs métiers. Cette standardisation prend la forme de *géostandards* que les services doivent appliquer dès qu'ils ont à échanger avec leurs partenaires ou à diffuser sur internet de l'information géographique. Ils sont également communiqués aux collectivités territoriales et autres partenaires des deux ministères. La COVADIS inscrit son action en cohérence avec la directive INSPIRE et avec les standards reconnus.

méthode sont explicitées en annexe.

L'estimation des populations est présentée dans un tableau figurant dans l'atlas cartographique.

2. Estimation des emplois dans la zone potentiellement touchée

Il s'agit d'une évaluation du nombre d'emplois présents dans les différentes surfaces inondables, au sein de chaque commune du TRI. L'évaluation se présente sous forme de fourchette (minimum-maximum). Elle a été définie en partie sur la base de donnée SIRENE de l'INSEE présentant les caractéristiques économiques des entreprises du TRI. Les précisions sur la méthode sont explicitées dans l'annexe méthodologique.

L'estimation de la fourchette d'emploi est présentée dans un tableau figurant dans l'atlas cartographique.

3. Estimation de la population saisonnière

Deux types d'indicateurs ont été définis afin de qualifier l'éventuelle affluence touristique du TRI : le surplus de population saisonnière théorique et le taux de variation saisonnière théorique.

Ces indicateurs ont été établis à partir des données publiques de l'INSEE à l'échelle communale. A défaut de disposer d'une précision infra-communale, ils n'apportent ainsi pas d'information sur la capacité touristique en zone inondable.

Le surplus de la population saisonnière théorique est estimé à partir d'une pondération de la capacité de différents types d'hébergements touristiques mesurables à partir de la base de l'INSEE : hôtels, campings, résidences secondaires et locations saisonnières. Certains types d'hébergements à l'image des chambres d'hôte ne sont pas comptabilisées en l'absence d'information exhaustive.

Le taux de variation saisonnière théorique est quant à lui défini comme le rapport entre le surplus de la population saisonnière théorique et la population communale permanente. Il apporte une information sur le poids de l'affluence saisonnière au regard de la démographie communale.

Ces indicateurs restent informatifs au regard de l'exposition potentielle de l'affluence saisonnière aux inondations faute de précision. Par ailleurs, elle doit être examinée en tenant compte de la concomitance entre la présence potentielle de la population saisonnière et la survenue éventuelle d'une inondation. Ainsi dans les territoires de montagne, les chiffres importants correspondent parfois à une variation hivernale (stations de ski par exemple), généralement en dehors des périodes à risque d'inondation.

Les précisions sur la méthode sont explicitées dans l'annexe méthodologique.

4. Bâtiments dans la zone potentiellement touchée

Seuls les bâtiments dans la zone potentiellement touchée sont représentés dans les cartes de risque. Cette représentation est issue de la BDTopo de l'IGN (pour plus de détails : <http://professionnels.ign.fr/bdtopo>). Ils tiennent compte de l'ensemble des bâtiments de plus de 20 m² (habitations, bâtiments industriels, bâtis remarquables, ...).

5. Types d'activités économiques dans la zone potentiellement touchée

Il s'agit de surfaces décrivant un type d'activité économique inclus, au moins en partie, dans une des surfaces inondables. Cette information est issue de la BDTopo de l'IGN (pour plus de détails : <http://professionnels.ign.fr/bdtopo>). Elle tient compte des zones d'activités commerciales et industrielles, des zones de camping ainsi que des zones portuaires ou aéroportuaires.

6. Installations polluantes

Deux types d'installations polluantes sont prises en compte : les IPPC et les stations de traitement des eaux usées.

Les IPPC sont les ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement) les plus polluantes,

définies par la directive IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), visées à l'annexe I de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles. Il s'agit d'une donnée établie par les DREAL collectée dans la base S3IC pour les installations situées dans une des surfaces inondables du TRI.

Les stations de traitement des eaux usées (STEU) prises en compte sont les installations de plus de 2000 équivalents-habitants présentes dans la surface inondable du TRI.

La localisation de ces stations est issue d'une base de donnée nationale « BDERU » complétée par la base de données de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse. Les données sont visualisables sur <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/>.

7. Zones protégées pouvant être impactées par des installations polluantes

Il s'agit des zones protégées pouvant être impactées par des installations polluantes IPPC ou par des stations de traitement des eaux usées. Ces zones, rapportées dans le cadre de la directive-cadre sur l'eau 2000/60/CE (DCE), sont les suivantes :

- « zones de captage » : zones désignées pour le captage d'eau destinée à la consommation humaine en application de l'article 7 de la directive 2000/60/CE (toutes les masses d'eau utilisées pour le captage d'eau destinée à la consommation humaine fournissant en moyenne plus de 10 m³ par jour ou desservant plus de cinquante personnes, et les masses d'eau destinées, dans le futur, à un tel usage) ;
- « eaux de plaisance » : masses d'eau désignées en tant qu'eaux de plaisance, y compris les zones désignées en tant qu'eaux de baignade dans le cadre de la directive 76/160/CEE (« eaux de baignade » : eaux ou parties de celles-ci, douces, courantes ou stagnantes, ainsi que l'eau de mer, dans lesquelles la baignade est expressément autorisée par les autorités compétentes de chaque État membre ou n'est pas interdite et habituellement pratiquée par un nombre important de baigneurs) ; en France les « eaux de plaisance » se résument aux « eaux de baignade » ;
- « zones de protection des habitats et espèces » : zones désignées comme zone de protection des habitats et des espèces et où le maintien ou l'amélioration de l'état des eaux constitue un facteur important de cette protection, notamment les sites Natura 2000 pertinents désignés dans le cadre de la directive 92/43/CEE et de la directive 79/409/CEE.

8. Établissements, infrastructures ou installations sensibles dont l'inondation peut aggraver ou compliquer la gestion de crise, notamment les établissements recevant du public

Il s'agit des enjeux dans la zone potentiellement touchée dont la représentation est issue de la BDTopo de l'IGN (pour plus de détails : <http://professionnels.ign.fr/bdtopo>).

Ils ont été divisés en plusieurs catégories :

- *les bâtiments utiles pour la gestion de crise* (centres de décisions, centres de sécurité et de secours) référencés « établissements utiles pour la gestion de crise », sont concernés les casernes, les gendarmeries, les mairies, les postes de police, les préfetures ;
- *les bâtiments et sites sensibles pouvant présenter des difficultés d'évacuation*, ils sont référencés dans : « établissements pénitentiaires », « établissements d'enseignement », « établissements hospitaliers », « campings » ;
- *les réseaux et installations utiles pour la gestion de crise*, ils sont référencés dans : « gares », « aéroports », « autoroutes, quasi-autoroute », « routes, liaisons principales », « voies ferrées principales » ;
- *les établissements ou installations susceptibles d'aggraver la gestion de crise*, ils sont référencés dans : « installations d'eau potable », « transformateurs électriques », « autre établissement »

sensible à la gestion de crise » (cette catégorie recense principalement les installations SEVESO et les installations nucléaires de base (INB)).

VI. Liste des Annexes

➤ **Annexe I : Atlas cartographique**

- Cartes des surfaces inondables de chaque scénario (fréquent, moyen, extrême) pour les débordements de cours d'eau.
- Cartes de synthèse des surfaces inondables des différents scénarios pour les débordements de cours d'eau.
- Cartes des risques d'inondation
- Tableaux d'estimation des populations et des emplois par commune et par scénario.

➤ **Annexe II : Annexe méthodologique**

- Description de la base de données SHYREG
- Description de l'outil de modélisation CARTINO
- Description de la méthode d'estimation de la population permanente dans la zone potentiellement touchée
- Description de la méthode d'estimation des emplois
- Description de la méthode d'estimation de la population saisonnière
- Métadonnées du SIG structurées selon le standard COVADIS Directive inondation



**Direction régionale de l'Environnement
de l'Aménagement et du Logement
RHÔNE-ALPES
délégation de bassin Rhône-Méditerranée**

69453 LYON CEDEX 06

**Tél : 33 (01) 04 26 28 60 00
Fax : 33 (01) 04 26 28 67 19**

