



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Préfet de l'Aude

**Plans de Prévention
du Risque inondation
du bassin versant du Trapel**

RAPPORT DE PRÉSENTATION

Juin 2024

Table des matières

1	Le risque d'inondation	5
1.1	Les inondations méditerranéennes	5
1.2	Les phénomènes et évènements considérés	5
1.3	Notion d'aléas, d'enjeux et de risque	8
2	La politique nationale de gestion du risque d'inondation	8
2.1	Cadre stratégique pour la gestion du risque d'inondation	8
2.1.a	La stratégie nationale et les plans de gestion des risques d'inondation	8
2.1.b	Les objectifs stratégiques et dispositifs de mise en œuvre	9
2.2	Rôles et responsabilités des différents acteurs impliqués dans la gestion des risques	11
2.2.a	L'Etat	11
2.2.b	Le Maire et la commune	12
2.2.c	L'établissement public de coopération intercommunale (EPCI)	12
2.2.d	Les citoyens, propriétaires et gestionnaires d'enjeu exposé	12
3	Rôle et portée des plans de prévention des risques naturels (PPRN)	14
3.1	Objectifs des Plans de Prévention des Risques (PPR)	14
3.2	Portée réglementaire des PPRN	14
3.3	Contenu d'un dossier PPRi	14
3.4	Méthode d'élaboration et constitution d'un PPRi	15
4	Pourquoi un PPRi sur ma commune ?	16
4.1	Les phénomènes et évènements considérés	16
4.2	Le périmètre du PPRi du Trapel	16
4.3	Procédure PPRi sur le bassin versant	18
4.3.a	Historique des PPRi sur le périmètre d'études	18
4.3.b	Déroulement de la procédure règlementaire	18
4.3.c	Calendrier de la procédure	19
5	Méthodes mises en œuvre	20
5.1	Contexte du bassin versant	20
5.1.a	Contexte général	20
5.1.b	Contexte topographique	20
5.1.c	Contexte géologique	21
5.1.d	Contextes climatique et pluviométrique	22
5.2	Analyse hydrologique	23
5.2.a	Préambule	23
5.2.b	Détermination des débits centennaux par la méthode de l'Aude réactualisée	27
5.2.c	Analyse par secteur et choix des débits de référence	31
5.3	Analyse hydraulique	42

5.3.a	Préambule	42
5.3.b	Logiciel utilisé	44
5.3.c	Caractéristiques générales des modèles	44
5.3.d	Données topographiques	44
5.3.e	Analyse hydraulique des phénomènes de débordements	47
5.3.f	Analyse hydraulique des phénomènes de ruissellement	63
5.4	Approche hydrogéomorphologique (HGM)	71
5.4.a	Méthodologie générale	71
5.4.b	Détermination des emprises inondées par HGM	73
5.5	Connaissance du risque	75
5.5.a	Définition des aléas	75
5.5.b	Analyse des enjeux	78
6	Traduction réglementaire du PPRi	84
6.1	Le principe des zonages et ses effets	84
6.2	Effets du PPR	85
6.3	Financement des mesures de protection	86
6.4	Conséquences attachées au non-respect du PPR	86
6.4.a	Sanctions pénales	86
6.4.b	Sanctions assurantielles	86

Annexes

I	LEXIQUE DES SIGLES ET TERMES TECHNIQUES	88
II	PRINCIPAUX TEXTES DE RÉFÉRENCE	91
III	SUPPORT D'INFORMATION SUR LA RÉDUCTION DE LA VULNÉRABILITÉ	92
IV	ANNEXES TECHNIQUES	95

Avertissement sur les limites d'études du document PPR

Le présent Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles prend en compte le risque « inondations » pour lesquels l'état des connaissances était suffisant pour pouvoir formuler des prescriptions réglementaires détaillées.

Ce document a été établi dans une logique de prévention en appliquant le principe de précaution et en s'appuyant sur les connaissances disponibles. Ainsi, le PPR a été dressé au regard des risques recensés dans les études antérieures à son établissement et ceux déterminés par les approches techniques mises en œuvre, détaillées dans la suite du document.

Le classement réglementaire ne tient pas compte dans sa cartographie des travaux de protection à venir.

A partir des données existantes et approches techniques mises en œuvre, des zonages réglementaires avec les interdictions et les prescriptions correspondantes ont été établis afin de constituer la servitude d'utilité publique.

Ces résultats techniques reposent sur l'application et la confrontation de méthodes de référence, réputées performantes dans la littérature scientifique, ainsi que sur une démarche rigoureuse, soignée et transparente dans l'ensemble des traitements réalisés. Malgré l'ensemble de ces précautions, il convient de souligner que les résultats fournis présentent par nature des incertitudes (liées aux données utilisées, à leur disponibilité dans l'espace et dans le temps, comme aux méthodes et à leurs hypothèses sous-jacentes). Les modélisations numériques mises en œuvre nécessitent, dans un souci de lisibilité et de faisabilité technique, de limiter le nombre de paramètres ou de phénomènes à intégrer dans les calculs réalisés. On peut sur ce point noter les limitations suivantes à la présente procédure :

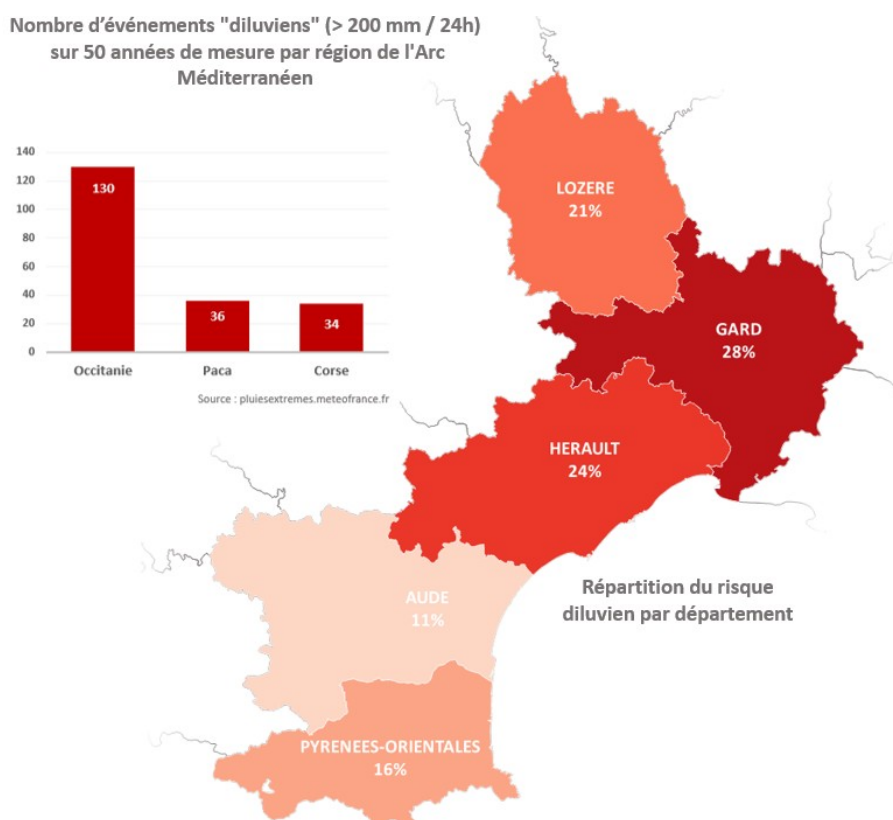
- Une partie du sol du département est constitué de karsts : cavités et écoulements souterrains, formés par érosion des calcaires par l'eau. Ces écoulements d'eau souterrains sont susceptibles de ressortir en surface en gros volume et soudainement, aggravant ainsi une crue. Ces phénomènes sont encore aujourd'hui peu prévisibles. C'est pourquoi ils ne sont pas considérés dans la présente étude. Ils peuvent cependant jouer un rôle important sur les inondations.
- Les débits pris en compte pour la réalisation des cartographies peuvent différer des débits mesurés en crue par le service de prévision des crues (SPC). Ceci est dû au fait qu'en crue plusieurs autres phénomènes peuvent se combiner à la montée de l'eau, comme des phénomènes de charriage de boue, d'embâcles etc., impactant l'écoulement. Ces phénomènes ne peuvent pas être pris en compte aujourd'hui, du fait d'une part de la difficulté technique à modéliser ces phénomènes, et d'autre part aux cas particuliers, peu prévisibles, que ceux-ci constituent, or, le PPRi doit communiquer une information recoupant une majorité de crues probables et/ou connues. Ainsi, le modèle revêt une fonction d'outil d'aide à la décision. Les débits modélisés et les débits mesurés permettent d'établir un ordre de grandeur des débits pouvant être observés lors d'évènements d'ampleur.

Le présent PPRi a vocation dans l'avenir à évoluer en fonction notamment de la connaissance des phénomènes naturels et des travaux de protection réalisés dans les secteurs exposés. Il constitue une première étape répondant à des enjeux de prévention.

1 Le risque d'inondation

1.1 Les inondations méditerranéennes

Près d'une commune Française sur deux est susceptible d'être affectée par des risques naturels. Les inondations ¹ méditerranéennes sont particulièrement violentes, en raison de l'intensité des pluies qui les génèrent et de la géographie particulière de la région, dans ce contexte particulier, le département de l'Aude est fortement exposé à l'aléa inondation : en 50 ans de mesures, Météo France a répertorié sur tout l'Arc Méditerranéen ¹ plus de 200 pluies diluviennes de plus de 200 mm en 24 h, sur ce nombre d'événements, 130 concernent directement la région Occitanie.



L'équinoxe d'automne est la période la plus critique avec près de 75% des débordements mais ces pluies peuvent survenir toute l'année. Lors de ces épisodes qui frappent aussi bien en plaine ou piémont qu'en montagne, il peut alors tomber en quelques heures plus de 30 % de la pluviométrie annuelle. Inondations, feux de forêt, mouvements de terrain, avalanches, chacun de ces phénomènes, par l'ampleur de ses conséquences sur les personnes et les biens, montre l'intérêt de développer une stratégie de gestion du risque, ainsi que des actions de prévention adaptées et de les prendre en considération dans l'aménagement du territoire et les décisions d'urbanisme.

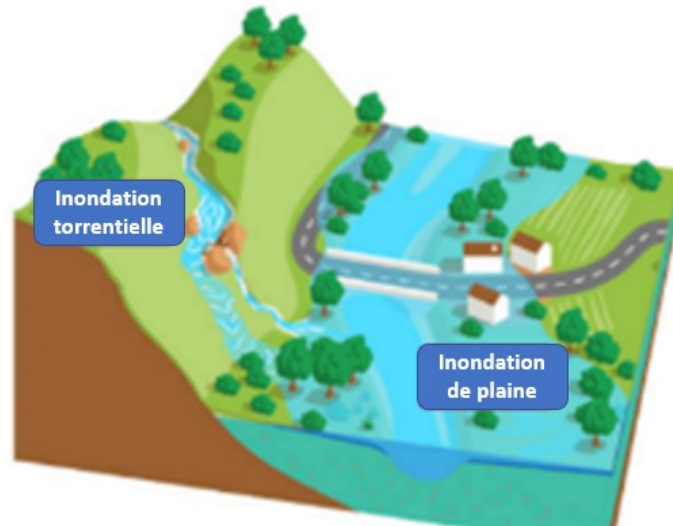
1.2 Les phénomènes et événements considérés

Le département de l'Aude est sujet à différents types de phénomènes :

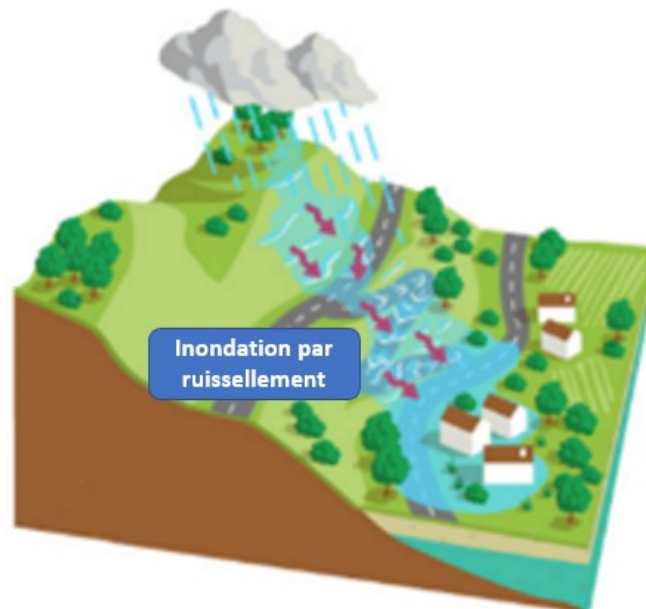
¹ Source : <http://pluiesextremes.meteo.fr/france-metropole/Des-pluies-qui-peuvent-etre-diluviennes.html>

- Crues de cours d'eau, qu'il s'agisse de crues rapides, souvent à caractère torrentiel, qui se produisent à la suite d'un orage localisé très intense, à l'origine d'inondations provoquant des dégâts importants sur la zone concernée, ou de crues généralisées de cours d'eau, touchant un linéaire et des surfaces importantes.

La rapidité de montée des eaux (<6h), tout comme les phénomènes d'embâcles ou de débâcles expliquent la grande dangerosité de ces crues.



- Phénomènes de ruissellement, correspondant à l'écoulement des eaux de pluies sur le sol lors de pluies intenses, aggravés par l'imperméabilisation des sols et l'artificialisation des milieux. Ces inondations peuvent causer des dégâts importants indépendants des débordements de cours d'eau.



Depuis deux siècles, on recense une vingtaine d'évènements majeurs dans le département de l'Aude. Plusieurs évènements historiques rappellent l'importance du risque inondation sur les bassins versants concernés (crue de 2018 : 200 communes du département déclarées en état de catastrophe naturelle).

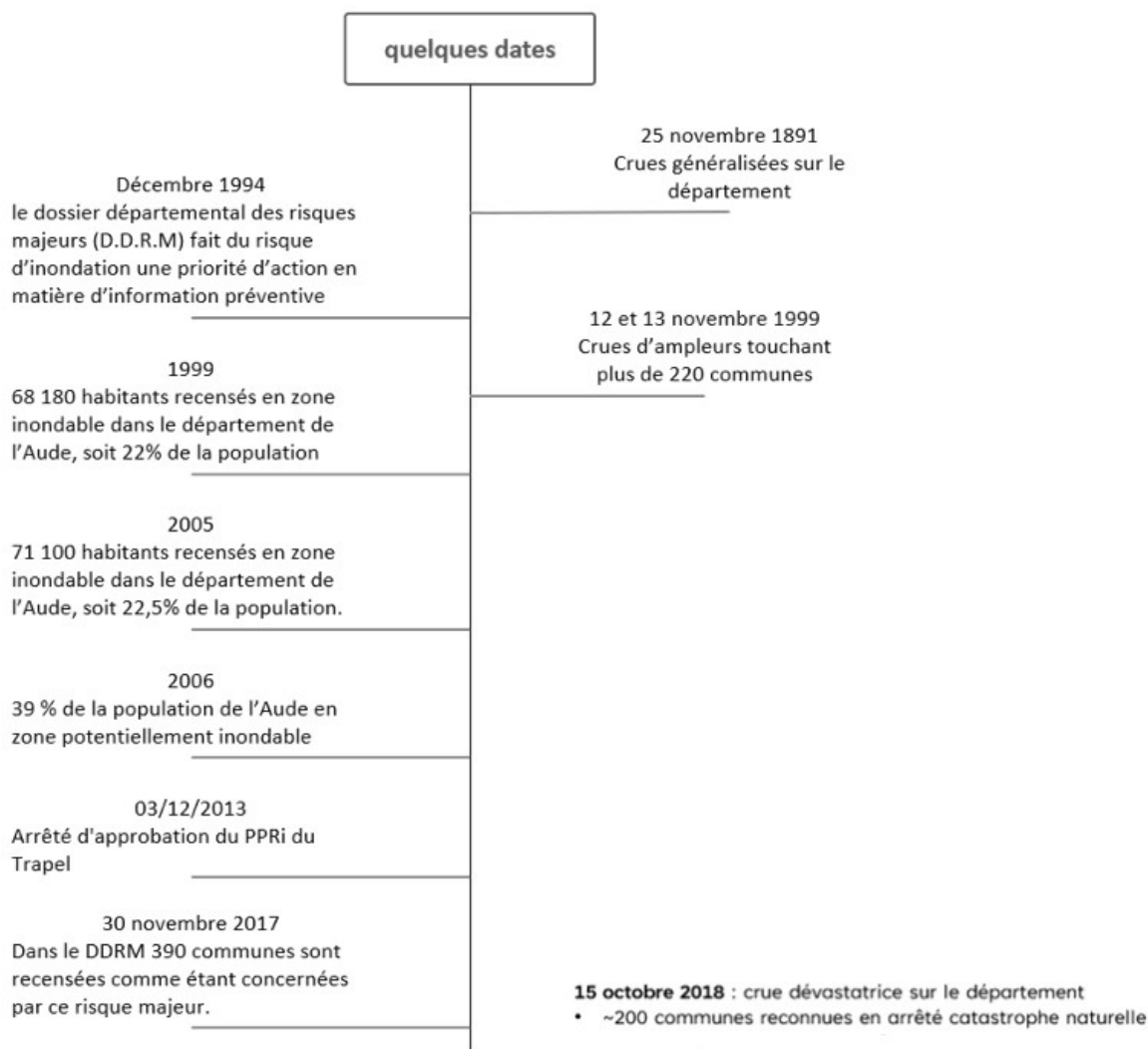


Figure 1 : Crues historiques dans le département de l'Aude

L'aggravation et la répétition des crues catastrophiques sont liées au développement d'activités exposées dans les zones à risques (habitations, activités économiques et enjeux associés).

Ceci a deux conséquences :

- d'une part, une augmentation du risque d'inondation (par la présence d'activités vulnérables),
- d'autre part, pour les évènements les plus localisés, une aggravation des écoulements. Ceci explique pour partie la multiplication des inondations liées à des orages intenses et localisés.

Face à ce constat, la nécessité de réduire durablement la vulnérabilité du territoire départemental implique une action coordonnée des pouvoirs publics pour permettre un développement durable des territoires à même d'assurer la sécurité des personnes et des biens au regard des phénomènes naturels.

1.3 Notion d'aléas, d'enjeux et de risque

L'**aléa** est la manifestation d'un phénomène naturel de fréquence et d'intensité données. Une crue centennale est par exemple une crue dont la probabilité de se produire est d'une chance sur 100 tous les ans.

L'**enjeu** est l'ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel.

Le **risque** résulte de la rencontre en un phénomène naturel d'occurrence et d'intensité données, appelé **aléa**, et un **enjeu**, qu'il soit humain, économique, patrimonial.

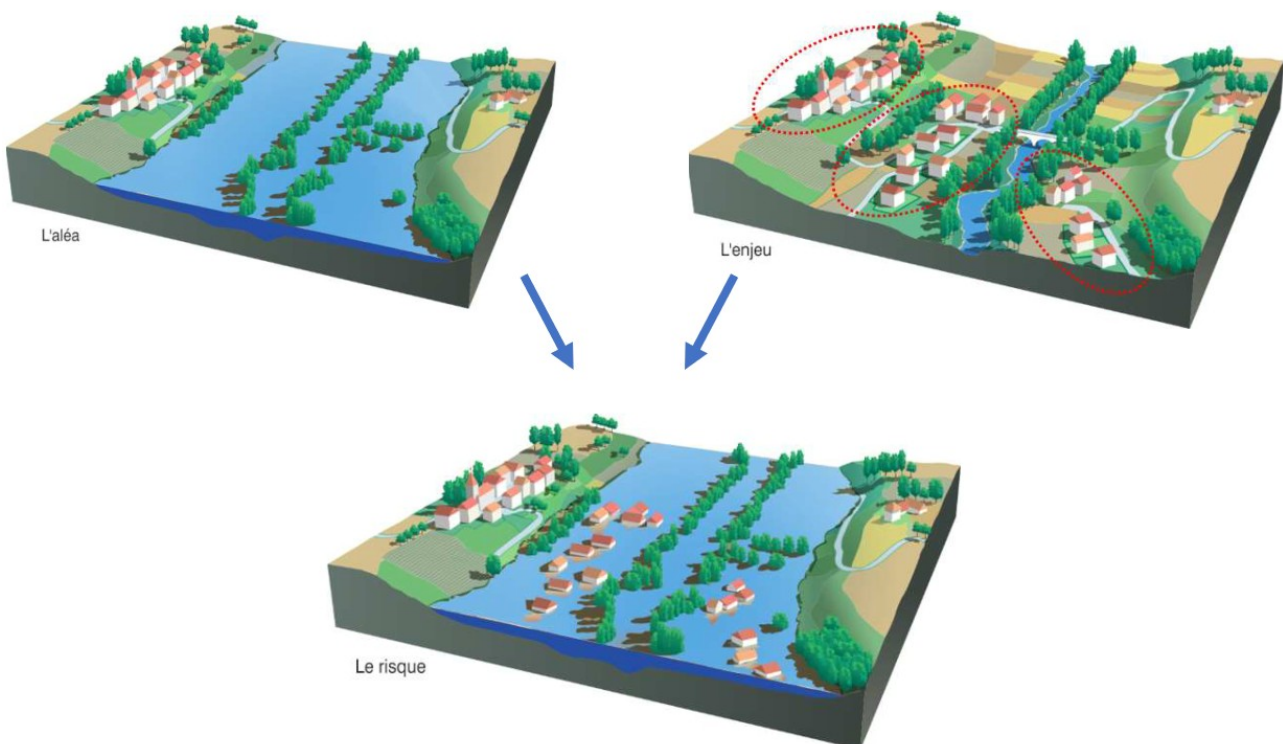


Figure 2 : Illustration du risque, résultant d'un croisement des aléas avec les enjeux

2 La politique nationale de gestion du risque d'inondation

2.1 Cadre stratégique pour la gestion du risque d'inondation

2.1.a La stratégie nationale et les plans de gestion des risques d'inondation

La directive 2007/60/CE relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, dite « directive inondation » propose une refonte de la politique nationale de gestion du risque d'inondation. Elle vise à réduire les conséquences potentielles associées aux inondations dans un objectif de compétitivité, d'attractivité et d'aménagement durable des territoires exposés à l'inondation.

Pour mettre en œuvre cette politique renouvelée de gestion du risque inondation, l'État Français a choisi de s'appuyer sur des actions nationales et territoriales :

- une stratégie nationale de gestion des risques d'inondation, prévue par l'article L. 566-4 du code de l'environnement, qui rassemble les dispositions en vigueur pour donner un sens à la politique nationale et afficher les priorités ;
- les plans de gestion des risques d'inondation (PGRI), prévus par l'article L. 566-7 du code de l'environnement, élaborés à l'échelle du district hydrographique (échelle d'élaboration des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE)).

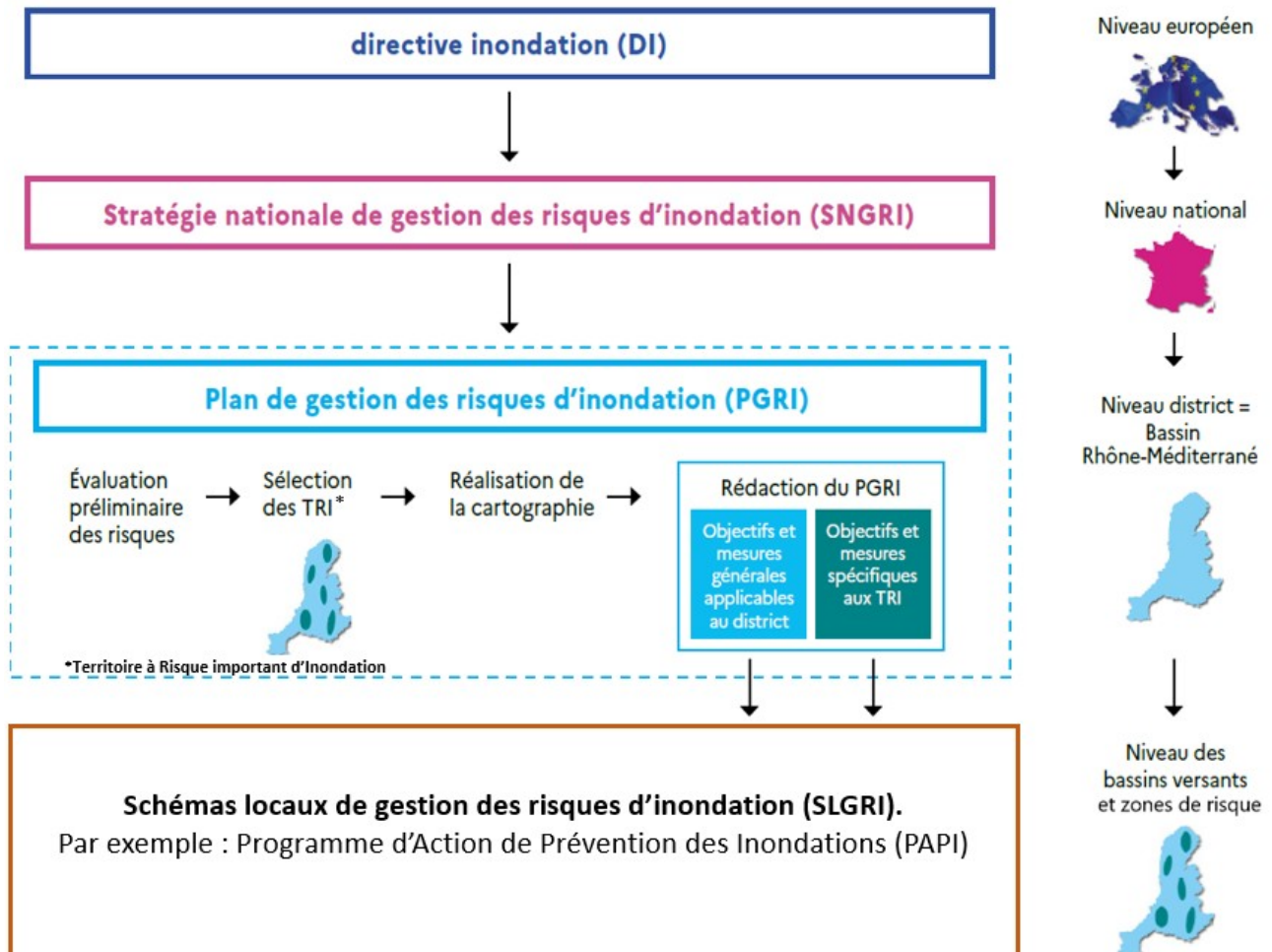


Figure 3 : Synthèse du cadre stratégique pour la gestion du risque d'inondation en France (adapté du PGRI Rhône Méditerranée Corse 2022-2027)

Certaines zones concentrent davantage d'enjeux potentiellement exposés aux inondations et justifient une action volontariste et à court terme de la part de l'État et des parties prenantes. Des stratégies locales de gestion des risques d'inondation (SLGRI) ou Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) ont été alors mis en place par les collectivités avec l'appui de l'État pour engager des stratégies globales de gestion du risque d'inondation. Les PPRi font partie intégrante des SLGRI.

2.1.b Les objectifs stratégiques et dispositifs de mise en œuvre

La stratégie nationale de gestion du risque d'inondation (SNGRI) a été arrêtée par les ministres en charge de l'Environnement, de l'Intérieur, de l'Agriculture et du Logement le 7 octobre 2014. Elle

affiche les grands enjeux et les objectifs prioritaires qui en découlent afin de protéger les personnes et les biens et de favoriser la compétitivité et l'attractivité des territoires par une meilleure prévention du risque d'inondation.

Elle poursuit ainsi 3 objectifs prioritaires :

- Augmenter la sécurité des populations exposées ;
- Stabiliser à court terme, et réduire à moyen terme, le coût des dommages liés à l'inondation ;
- Raccourcir fortement le délai de retour à la normale des territoires sinistrés.

Les plans de gestion du risque inondation (PGRI) déclinent ensuite ces objectifs nationaux à l'échelle du bassin Rhône méditerranée Corse. Un premier cycle du PGRI a été mis en œuvre sur la période 2016-2021 et un second cycle est en cours sur la période 2022-2027.

Il définit 5 grands objectifs :

- GO1. Mieux prendre en compte le risque dans l'aménagement et maîtriser le coût des dommages liés à l'inondation
- GO2. Augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques
- GO3. Améliorer la résilience des territoires exposés
- GO4. Organiser les acteurs et les compétences
- GO5. Développer la connaissance sur les phénomènes et les risques d'inondation

Un ensemble de dispositions viennent ensuite préciser la mise en œuvre de ces 5 grands objectifs et s'appliquent à tous les dispositifs locaux de gestion du risque d'inondation, y compris les plans de prévention des risques).

Schéma du cycle de la gestion des risques inondations

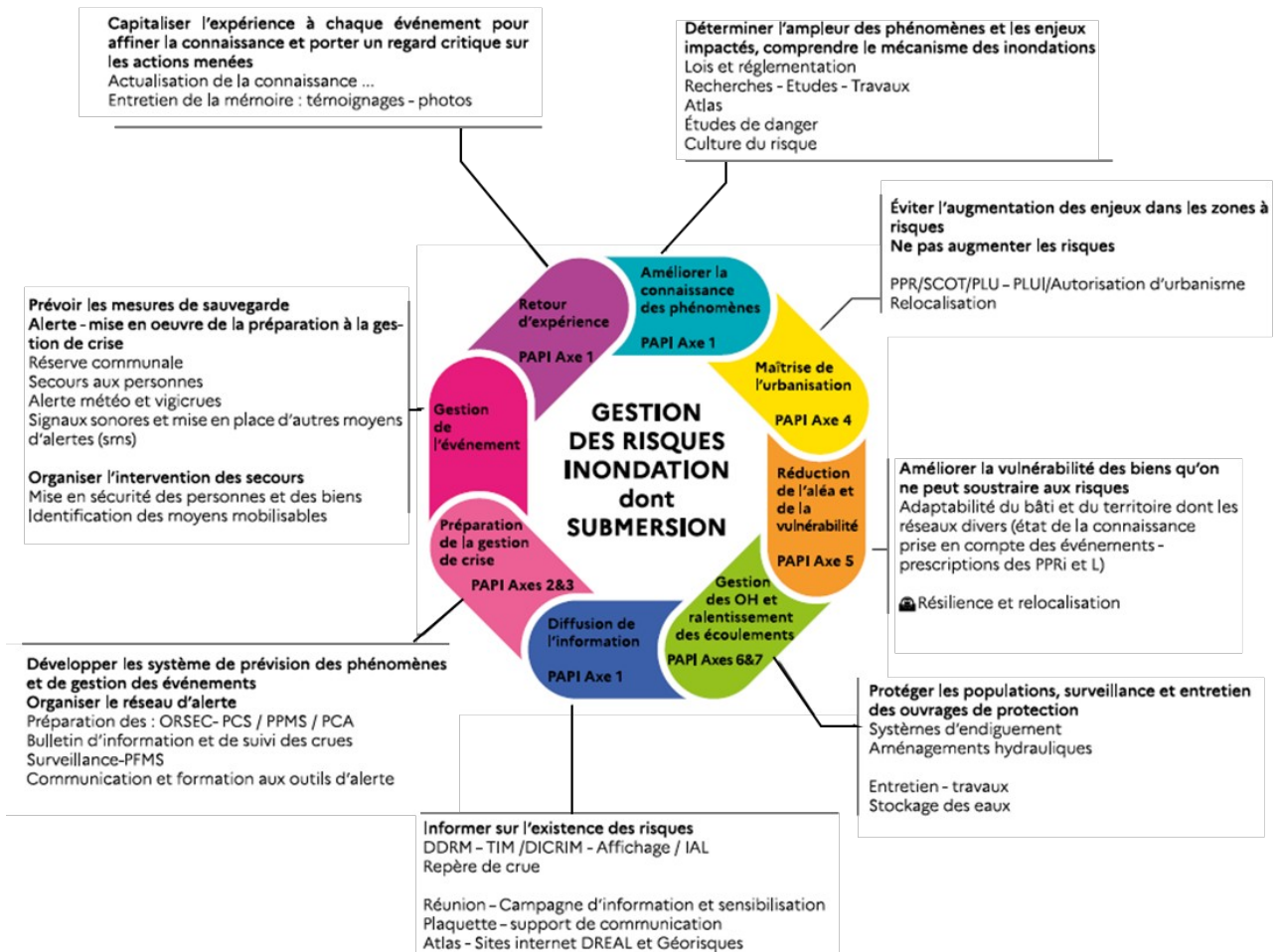


Figure 4 : Schéma du cycle de la gestion des risques d'inondation (source : DREAL Occitanie)

2.2 Rôles et responsabilités des différents acteurs impliqués dans la gestion des risques

2.2.a L'Etat

L'Etat définit les principes stratégiques nationaux pour la gestion du risque d'inondation et s'implique aussi dans leur mise en œuvre au travers des missions suivantes :

- **Identifier les risques présents sur les territoires**, notamment au travers des Atlas de Zones Inondables (AZI) et cartographies de l'aléa réalisées dans le cadre des Plans de Prévention des Risques (PPR). Ces informations sont consultables sur le site internet des services de l'État dans le département et plus largement sur www.georisques.gouv.fr.
- **Informers les collectivités et citoyens sur les risques présents localement**, en s'appuyant sur différents outils : le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM), la liste des arrêtés portant constatation de l'état de catastrophe naturelle (CatNat), le Porter à Connaissance (PAC) des phénomènes connus (aléas) et des mesures d'adaptation à mettre en œuvre en cas d'urbanisation (enjeux).

- **Définir des règles pour maîtriser le risque d'aggravation de la vulnérabilité des territoires**, notamment au travers de la réalisation des plans de Prévention des Risques (PPR) qui encadrent l'urbanisme
- **Assurer la surveillance, l'alerte et l'organisation des plans de secours** (plan ORSEC, plan départemental de secours) pour les phénomènes s'étendant à plusieurs communes

L'Etat participe aussi au financement des mesures de gestion du risque au travers du fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM ou fonds Barnier) dont il encadre le fonctionnement.

2.2.b Le Maire et la commune

Le Maire est responsable sur le territoire communal de **l'information des populations sur les risques majeurs auxquels elles sont exposées**. Il élabore le Document d'information communal sur les risques majeurs (Dicrim), organise l'affichage des consignes de sécurité et la pose des repères de crue.

Le Maire est responsable sur le territoire communal de la **gestion de crise**. Il définit les règles de gestion de crise dans le Plan communal de sauvegarde (PCS).

La **planification urbaine et l'élaboration des PLU** peut-être assurée par la commune ou bien transférée à l'échelon communautaire (communauté de communes ou d'agglomération), mais la **délivrance des autorisations d'urbanisme** reste, à la date d'élaboration du présent PPRi, une prérogative de la commune.

2.2.c L'établissement public de coopération intercommunale (EPCI)

La mise en place de la compétence de gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations (Gemapi) à la suite de la publication de la loi du 27 janvier 2014, en vigueur depuis le 1^{er} janvier 2018, s'est accompagnée d'une refonte de la réglementation afférente aux ouvrages de protection contre les inondations et les submersions marines.

Ces ouvrages peuvent prendre la forme de digues par exemple, réorganisées en systèmes d'endiguement, ou d'aménagements hydrauliques qui stockent provisoirement des venues d'eau en provenance des cours d'eau en crue ou de la mer ou consécutives à des ruissellements intenses.

Depuis le 1^{er} janvier 2018, dans le cadre de compétence gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations (Gemapi), **les établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) à fiscalité propre ou leurs groupements (syndicats mixtes) ont la responsabilité de la mise en œuvre et de la gestion pérenne des systèmes d'endiguement**.

Cette nouvelle gouvernance des digues clarifie les responsabilités en concentrant à l'échelle intercommunale une compétence historiquement morcelée. **Seul un EPCI compétent en matière de prévention des inondations peut donc prendre l'initiative de conforter un système d'endiguement ou bien d'en créer un nouveau**.

2.2.d Les citoyens, propriétaires et gestionnaires d'enjeu exposé

Le citoyen est le premier acteur de la gestion des risques naturels. Il est notamment responsable des aspects suivants :

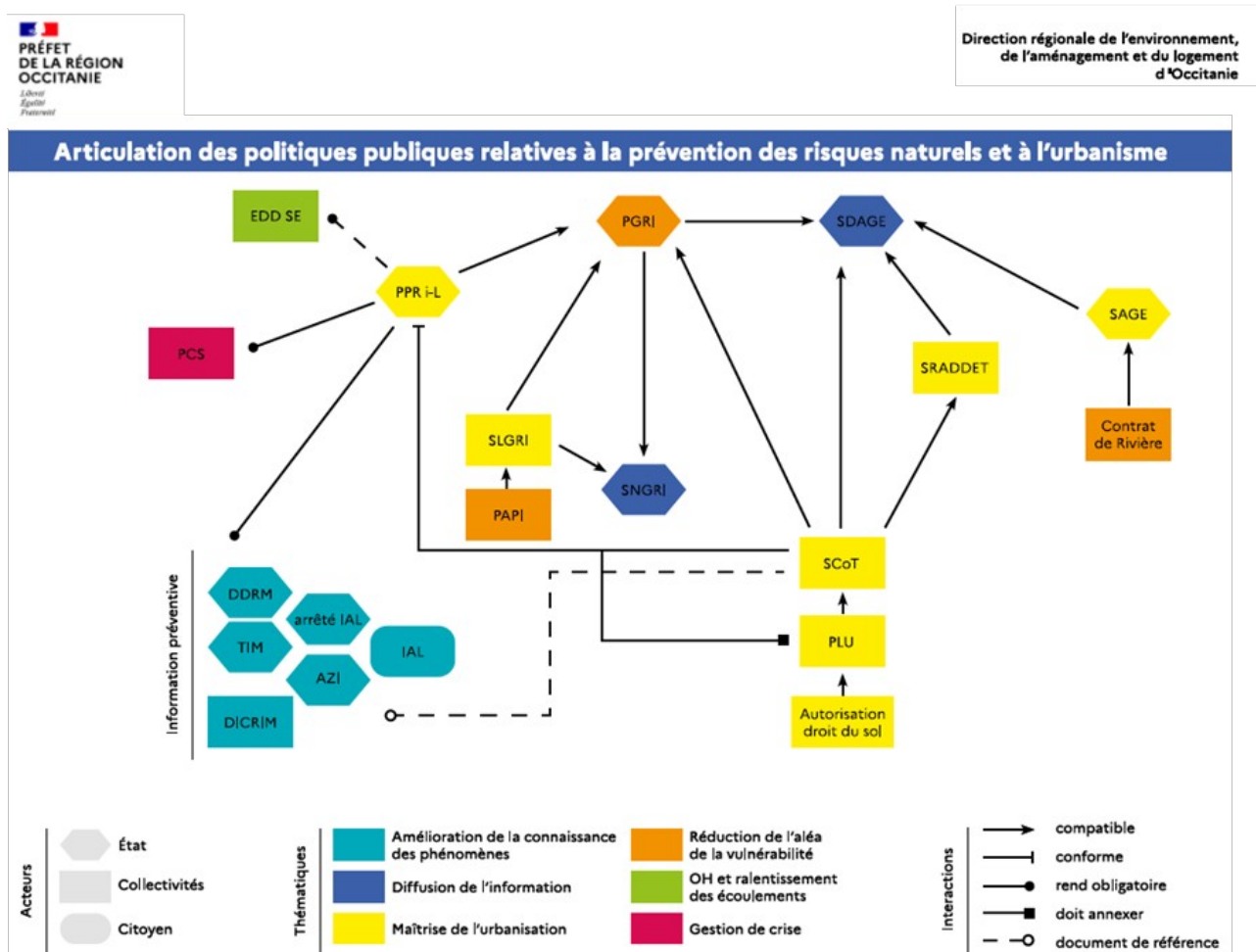
- **S'informer sur son exposition aux risques, se préparer en conséquence et adapter son comportement** aux risques qui le concernent

- **Se conformer aux règles d'urbanisme** définies par les documents locaux ou bien les plans de prévention des risques (PPR).

Les propriétaires et gestionnaires d'enjeux exposés sont aussi responsables de **mettre en œuvre les mesures nécessaires pour réduire leur vulnérabilité** en adaptant préventivement leurs sites, bâtiments et équipements. Ils doivent aussi mettre en place une **organisation adaptée pour assurer la bonne gestion des épisodes de crues à leur échelle**.

L'écoulement des eaux entre les propriétés est encadré par l'article 640 du Code civil qui spécifie que « *les fonds inférieurs sont tenus de recevoir les eaux qui découlent normalement des fonds supérieurs, sous réserve que cette servitude naturelle ne soit pas aggravée par l'action de l'homme (canalisation des eaux pluviales par exemple).* »

Enfin, les propriétaires riverains de cours d'eau² doivent entretenir régulièrement ce cours d'eau, en vue de maintenir le cours d'eau dans son profil d'équilibre, de permettre l'écoulement naturel des eaux et de contribuer à son bon fonctionnement global.



² S'applique aux cours d'eau non domaniaux, cf. Article L. 215-14 du code de l'environnement

3 Rôle et portée des plans de prévention des risques naturels (PPRN)

3.1 Objectifs des Plans de Prévention des Risques (PPR)

Les **Plans de Prévention des Risques (PPR)** naturels visent à assurer le rôle de prévention, en réglementant les aménagements dans les zones soumises aux risques. **Les PPRi font partie intégrante des SLGRI (PAPI) et a fortiori des PGRI.**

Ces documents ont été instaurés par la loi « Barnier » du 2 février 1995, ils viennent en remplacement d'outils réglementaires visant la maîtrise de l'urbanisation dans les zones exposées aux risques naturels :

- Le Plan des Surfaces Submersibles (PSS)
- Le Plan d'Exposition aux Risques (PER)
- La délimitation d'un périmètre de risque (article R-111-3 du Code de l'Urbanisme).

Les PPR sont des documents approuvés par le préfet de département et qui permettent de mettre en œuvre des actions de prévention.

Le PPRi a pour objets, tels que déclinés dans l'article L-562.1 du code de l'environnement, de :

- **Délimiter les zones exposées au risque** en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, **d'y interdire tout type de construction**, d'ouvrage, d'aménagement, ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle **ou**, pour le cas où ces aménagements pourraient y être autorisés, **prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités**,
- Délimiter les zones qui ne sont pas directement exposées au risque mais où des aménagements pourraient aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux, et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions,
- **Définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde** qui doivent être prises par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers,
- **Définir des mesures relatives à l'aménagement**, l'utilisation, ou l'exploitation des constructions, ouvrages, espaces existants à la date d'approbation du plan, qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

Les Plans de Prévention des Risques naturels peuvent couvrir différents phénomènes prévisibles, tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou encore les cyclones.

La procédure sur le bassin versant concerne les risques d'inondation, prenant ainsi la dénomination de Plan de Prévention des Risques inondation – PPRi.

3.2 Portée réglementaire des PPRN

Les PPR sont des **servitudes d'utilité publique** : ainsi les documents d'urbanisme, dont les schémas de cohérence territoriale (SCoT), les plans locaux d'urbanisme (PLU) et les plans d'aménagement de zone doivent prendre en compte au minimum les risques exposés dans les PPR (articles L153-60 et L151-43 du Code de l'Urbanisme).

3.3 Contenu d'un dossier PPRi

Le PPRN est composé de trois documents :

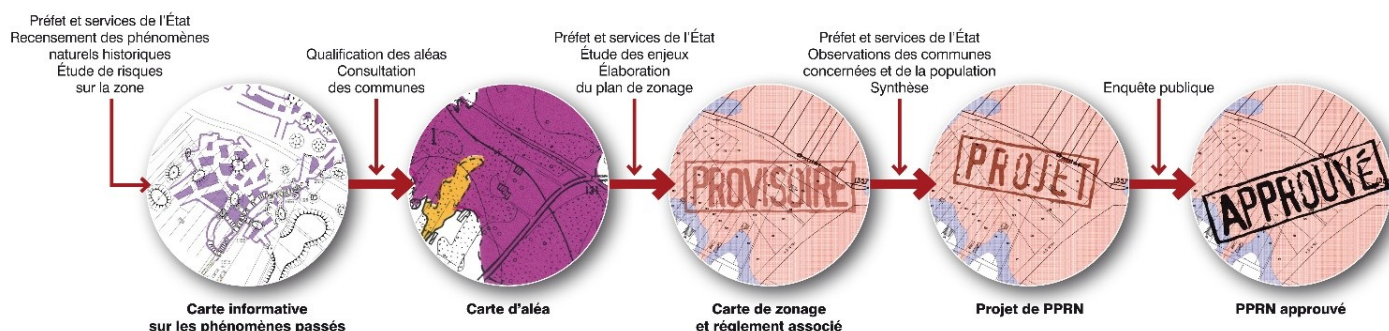
- Un **rapport de présentation**, qui décrit le contexte et explique l'analyse des phénomènes pris en compte, ainsi que l'étude de leur impact sur les personnes et sur les biens, existants et futurs. Ce rapport justifie les choix retenus en matière de prévention en indiquant les principes d'élaboration du PPR et en commentant la réglementation mise en place.
- Un ou plusieurs **documents graphiques** (dont cartes d'aléas, cartes de zonages réglementaires, etc...) distinguant les zones exposées à des risques et celles qui n'y sont pas directement exposées mais où l'utilisation du sol pourrait provoquer ou aggraver des risques. Ils définissent les zones de dispositions réglementaires homogènes : les zonages (voir la partie « Traduction réglementaire du PPRi »).
- Un **règlement** qui précise les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune de ces zones. Le règlement précise aussi les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui incombent aux particuliers ou aux collectivités. Le règlement mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour celles-ci.

3.4 Méthode d'élaboration et constitution d'un PPRi

La connaissance du risque repose sur l'histoire, la mémoire collective et les études techniques réalisées.

L'élaboration du PPRi est basée sur les approches suivantes :

- Recueil de données et enquêtes auprès des communes, carte des phénomènes naturels illustrant l'analyse historique des zones inondées,
- Analyse hydrogéomorphologique, permettant de délimiter l'espace de vie du cours d'eau, façonné au fil des siècles (espace susceptible d'être remobilisé par le cours d'eau en cas de pluies intenses ou de concomitance de phénomènes).
- Carte des aléas³ basée sur l'analyse hydrogéomorphologique, le tracé de bandes de précaution en arrière de digues et des modélisations hydrauliques des débordements de cours d'eau et des phénomènes de ruissellement,
- Carte des enjeux réalisée à partir des entretiens en commune, des documents d'urbanisme et des visites de terrain,
- Carte de zonage réglementaire, basée sur le croisement des aléas et des enjeux.



³ Les méthodes de réalisation sont détaillées dans les chapitres spécifiques à chaque étape de réalisation

4 Pourquoi un PPRi sur ma commune ?

4.1 Les phénomènes et évènements considérés

Le territoire considéré est soumis à plusieurs phénomènes d'inondation, dont le principal et le plus dommageable concerne les risques liés aux débordements de cours d'eau de type :

- **Crues torrentielles**, causées par des évènements pluvieux orageux localisés, rapides et intenses,
- **Crues de plaines**, générées par des évènements pluvieux généralisés, progressifs et relativement longs.

Le phénomène de **ruissellement** est également largement présent, comme en témoignent les évènements pluvieux intenses récents.

Le territoire a connu de nombreux évènements majeurs ces dernières années, avec notamment :

- La **crue des 12 et 13 novembre 1999**, qui constitue la crue de référence pour l'Est du bassin versant de l'Aude,
- La **crue des 15 et 16 octobre 2018**, crue exceptionnelle sur le Centre Nord du département de l'Aude.

C'est dans ce contexte et suite à la crue de 2018 pour laquelle de nombreuses données de pluviométrie et de laisses de crue ont été recueillies, **que la révision du Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRi) sur le bassin versant du Trapel a été prescrite.**

Elle concerne les phénomènes de débordement de cours d'eau et de ruissellement.

4.2 Le périmètre du PPRi du Trapel

Le périmètre d'étude s'étend sur les communes suivantes :

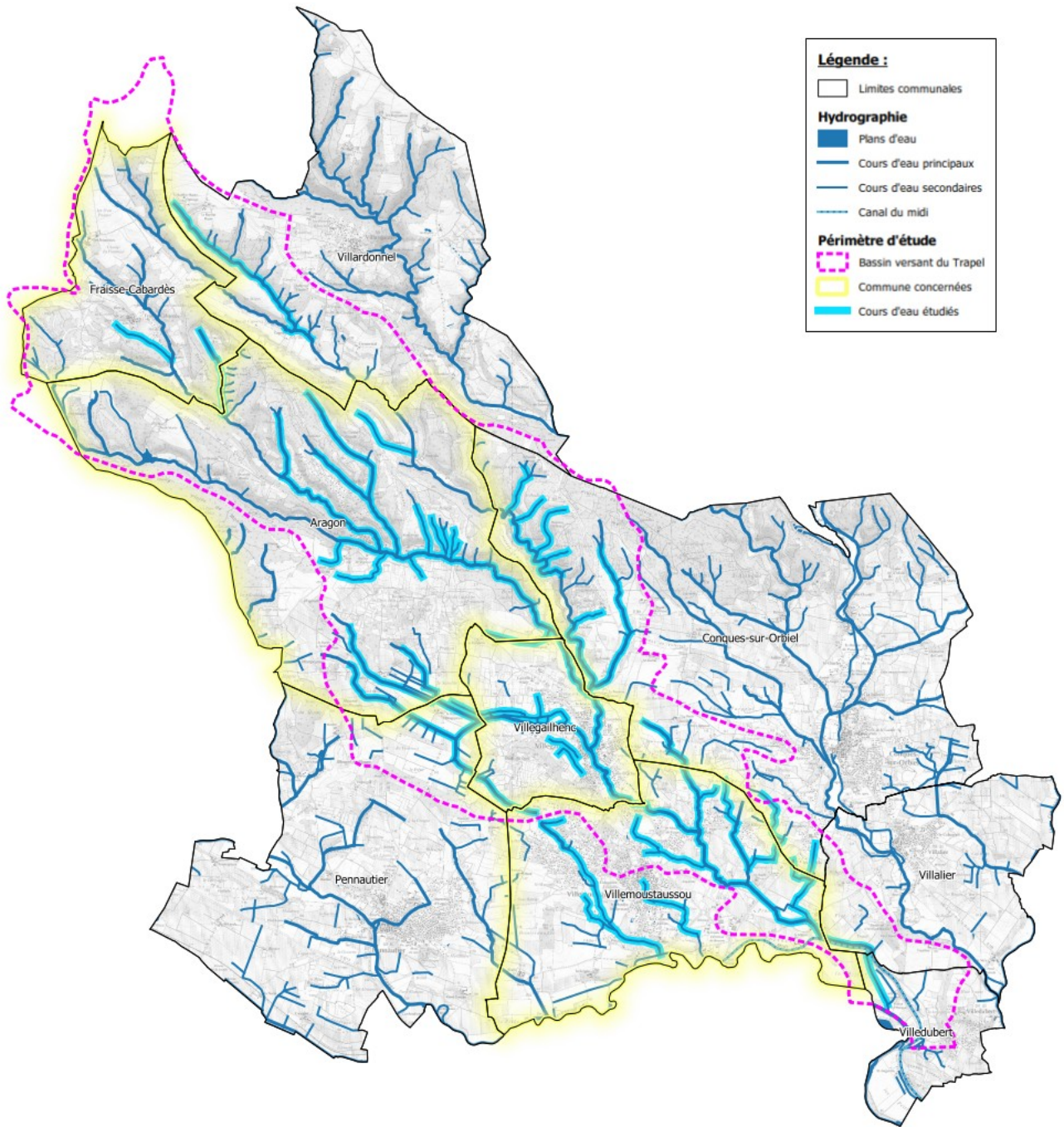
- Aragon,
- Conques-sur-Orbiel,
- Fraissé-Cabardès,
- Pennautier,
- Villalier,
- Villardonnel,
- Villedubert,
- Villegailhenc,
- Villemoustaussou.

Les communes concernées par la révision du PPRi sur l'ensemble de leur territoire sont les communes d'Aragon, Fraissé-Cabardès, Villegailhenc et Villemoustaussou.

La cartographie en page suivante localise ces communes ainsi que le Trapel et ses affluents, concernés par la présente étude.

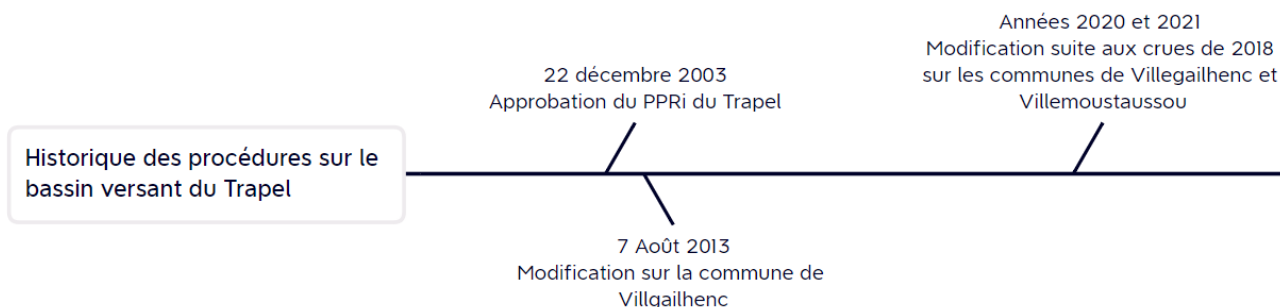
Les cours d'eau concernés sont :

- Le Trapel et ses affluents
- Le Fresquel sur la commune de Villemoustaussou



4.3 Procédure PPRi sur le bassin versant

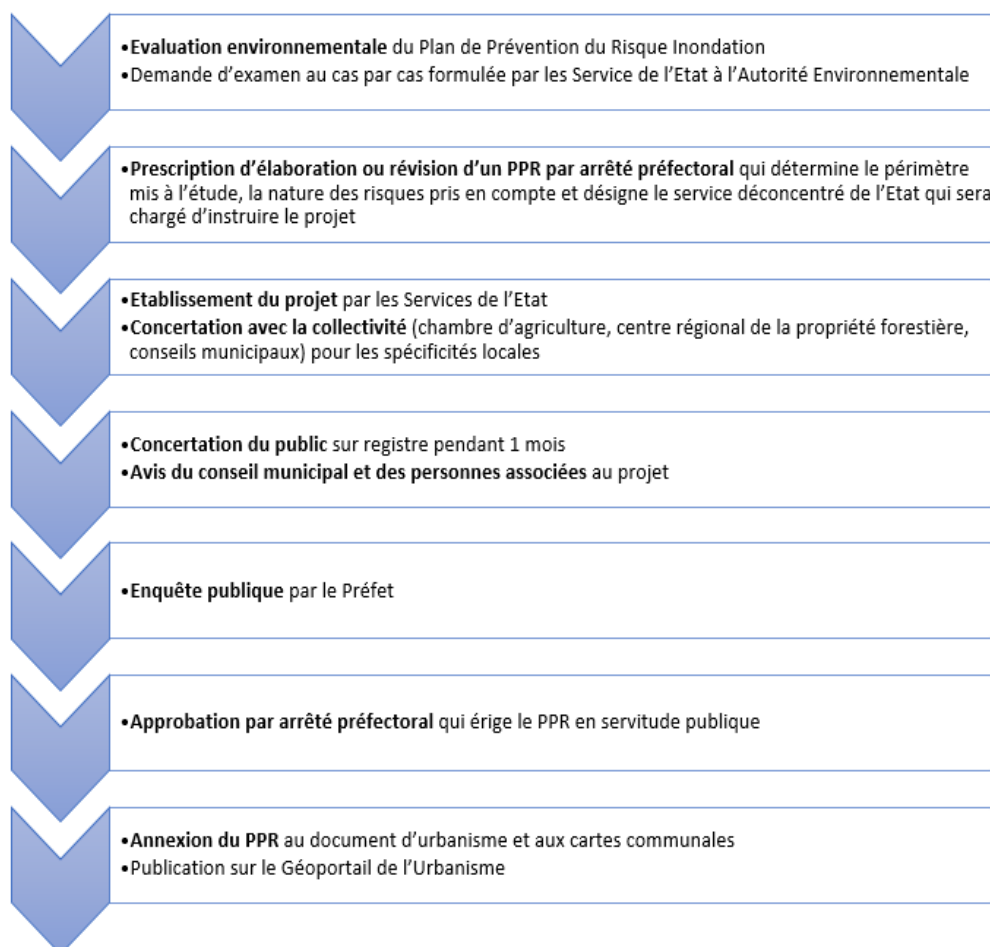
4.3.a Historique des PPRi sur le périmètre d'études



4.3.b Déroulement de la procédure réglementaire

L'élaboration des PPRi est conduite sous l'autorité du préfet de département conformément au code de l'environnement.

Dans son cadre général, l'instauration du plan de prévention des risques obéit à la procédure suivante, définie par le décret du 5 octobre 1995 :



Le PPRi pourra ensuite faire l'objet de révisions ou de modifications selon les procédures décrites aux articles R562-1, R562-9, R 562-10-1 et R 562-10-2 du code de l'environnement.

Comme le stipule l'article R. 122-17-11 du Code de l'environnement, les PPR sont susceptibles de faire l'objet d'une évaluation environnementale après un examen au cas par cas, y compris dans le cas d'une révision.

L'approbation d'un PPRN est le résultat d'un processus de concertation mené par l'Etat avec les communes, les citoyens et les personnes publiques associées. Les phases d'association, de concertation et de consultation sont précisées dans le bilan de la concertation figurant en annexe 3.

4.3.c Calendrier de la procédure

Le tableau suivant reprend les dates de décision des prescriptions des PPRi du bassin versant du Trapel :

Étapes	Dates
Dossier d'examen au cas par cas pris en application de l'article R122-18 du Code de l'Environnement envoyé le 17 janvier 2022	Sans réponse au 17 avril 2022, valant soumission à évaluation environnementale
Dossier d'évaluation environnementale soumis à l'autorité environnementale le 27 septembre 2023	Sans réponse au 27 décembre 2023
Arrêté préfectoral n°DDTM-SPRISR-2023-007 portant prescription de la révision des PPRi du bassin versant du Trapel sur les communes de Fraisse-Cabardès, Aragon, et (Villemoustaussou concernée également par le bassin versant du Fresquel)	10 février 2023
Arrêté préfectoral n°DDTM-SPRISR-2023-051 portant prescription de la révision du PPRi sur la commune de Villegailhenc	05 avril 2023
Concertation avec les élus	Réunion par commune de présentation des cartes d'aléas et d'enjeux : Novembre 2022 Réunion par commune de présentation de la carte de zonage réglementaire : Février 2023 Réunion avec les EPCI, février-mars 2023
Concertation avec le public	Mise à disposition d'un dossier pour le public du 3 juillet au 18 août 2023
Approbation par anticipation de la révision du PPRi de Villegailhenc – arrêté n°DDTM-SRISC-2023-121	31 août 2023
Consultation des personnes publiques associées	Octobre – novembre 2023
Enquête Publique	19 mars au 19 avril 2024
Approbation par arrêté préfectoral	18 JUIN 2024

5 Méthodes mises en œuvre

5.1 Contexte du bassin versant

5.1.a Contexte général

Le bassin versant du Trapel draine une **superficie totale de 53 km²** dans le département de l'Aude, depuis le piémont du Cabardès jusqu'à la plaine de l'Aude.

Il est doté d'une **forme très allongée** et d'une pente moyenne le long de son cheminement relativement faible, de l'ordre de 1.6%.

Le réseau hydrographique du Trapel est riche de **nombreux affluents** qui nourrissent son cours tout au long de son linéaire.

Ses affluents rive gauche, en amont de Villegailhenc, sont alimentés par les précipitations de la Montagne Noire et dotés de fortes pentes : ils constituent les principaux producteurs de débits en cas de crue.

En aval de Villegailhenc, les petits affluents cheminent à faible pente avant de s'écouler dans la plaine de l'Aude. Le tracé du Canal du Midi suit cette large plaine en aval du bassin versant.

L'occupation des sols du bassin versant est très naturelle, équitablement répartie entre des terrains pâturés, des boisements et des parcelles culturales.

5.1.b Contexte topographique

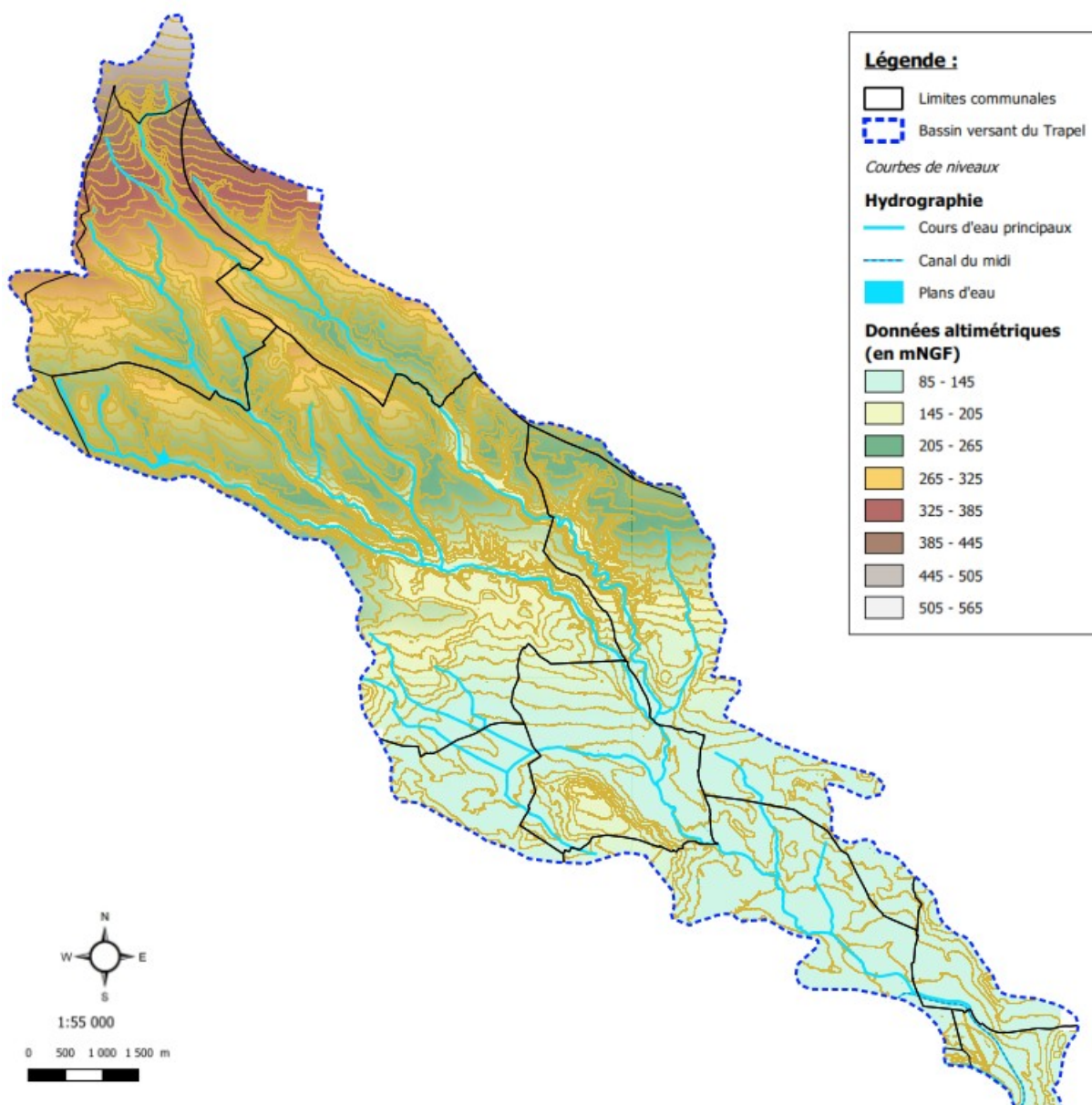
La partie amont du bassin versant présente une **topographie marquée** formée par un ensemble de reliefs calcaires de « côtes » qui dessinent des vallons au pied de la Montagne Noire.

Le Trapel prend sa source à une altitude d'environ 400 mètres, sur le territoire de Fraisse-Cabardès.

Au pied de ces massifs, le Trapel poursuit son écoulement dans la **vallée alluviale** du bassin, où la topographie est beaucoup moins marquée.

Il rejoint l'Aude en rive gauche sur la commune de Villedubert, entre la confluence du Fresquel et de l'Orbiel avec l'Aude.

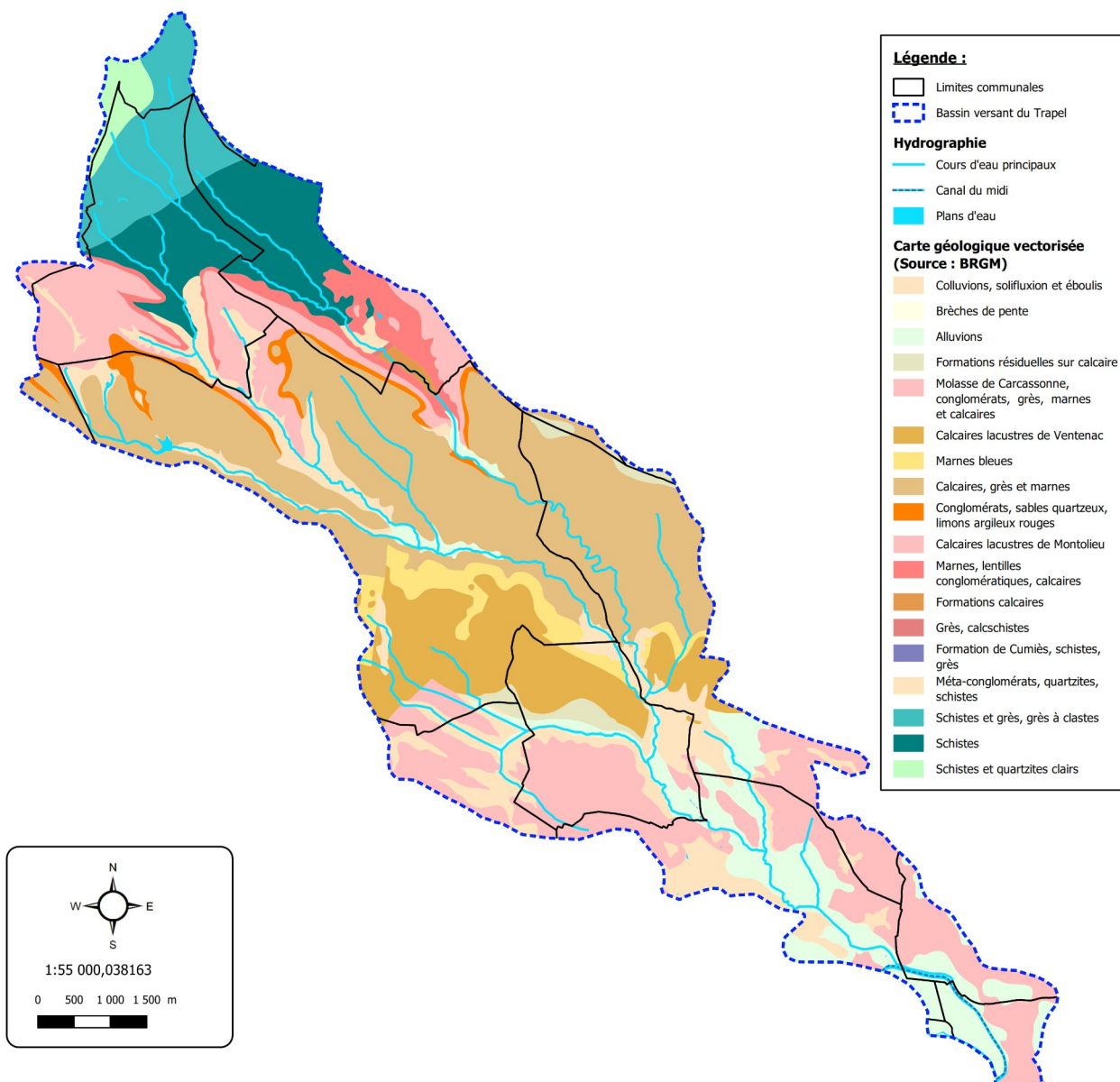
La carte du contexte topographique du bassin versant du Trapel est présentée en page suivante.



5.1.c Contexte géologique

Plusieurs formations géologiques sont présentes sur l'emprise du bassin versant du Trapel. On distingue notamment :

- Les formations schisteuses sur la pointe nord du bassin versant. Ces schistes durs marquent le paysage de barres. L'uniformité de cette formation est interrompue dans sa partie médiane par un faisceau de grés.
- Une vaste zone de formations calcaires qui occupe le centre du bassin versant,
- Plus en aval, la molasse de Carcassonne qui constitue une formation fluviatile typique de plaine d'inondation.
- Sur l'aval, les alluvions et molasses tapissent la plaine de l'Aude. Il s'agit d'alluvions grossières à lentilles de sables et sables argileux qui forment des terrasses dominant de 10 à 20 m les cours d'eau actuels.



5.1.d Contextes climatique et pluviométrique

Le climat du bassin versant du Trapel est caractéristique du régime méditerranéen avec :

- Des orages courts, intenses et souvent très localisés alternent avec de longues périodes d'assec en période estivale,
- Des pluies abondantes parfois torrentielles en automne dont l'extension géographique est à l'origine des plus fortes crues des bassins versants (novembre 1999, octobre 2018).

5.2 Analyse hydrologique

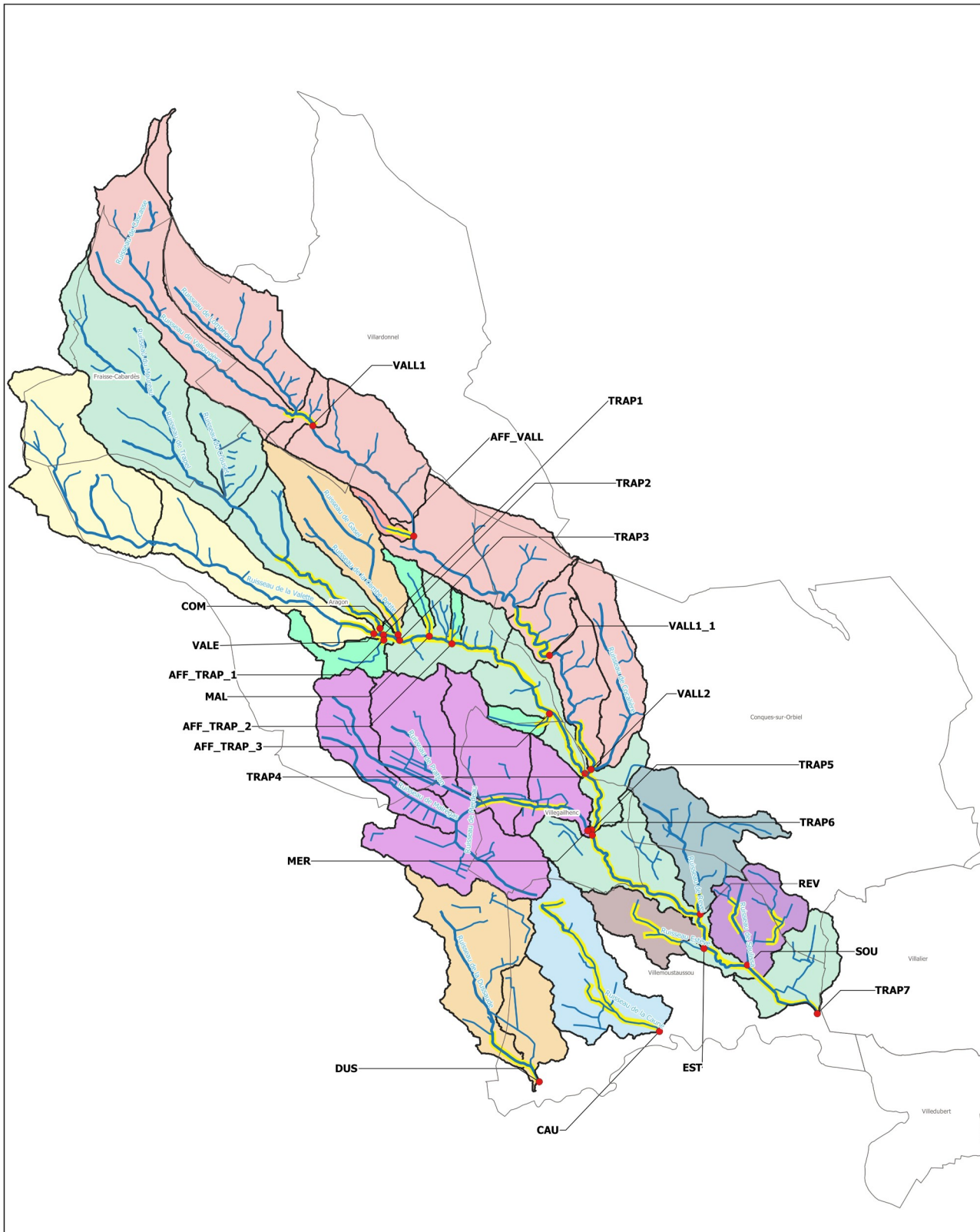
5.2.a Préambule

Le présent chapitre vise à déterminer les débits de pointe de référence générés au sein du bassin versant du Trapel au droit de **23 points de contrôle**.

Ces points de calcul sont localisés sur la cartographie en page suivante.

L'objectif de l'analyse est de confronter les résultats de l'application de plusieurs méthodologies de calcul des **débits centennaux** et de les comparer aux **débits de pointe des plus fortes crues connues** ainsi qu'aux **débits de référence existants** en vue de statuer sur **les valeurs de référence à retenir** au droit de chaque point de calcul pour la cartographie des aléas sur la base d'une modélisation hydraulique.

Nous renvoyons à l'annexe n°I pour la définition des termes techniques et variables spécifiques à l'analyse hydrologique.



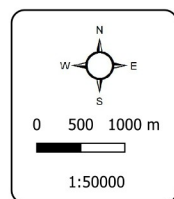
Etude relative à la révision des PPRi du bassin versant du Trapel

Débits de référence centennaux sur le bassin versant du Trapel

Légende

- Limites communales
- Hydrographie**
- Cours d'eau principaux
- Cours d'eau secondaires
- Canal du midi

- Sous-bassins versants**
- Colorisation par milieu récepteur
- Hydrologie**
- Points de calcul des débits
- Modélisation hydraulique**
- Linéaire à modéliser



Caractéristiques des sous-bassins versantsCaractéristiques physiques et morphologiques

Les caractéristiques physiques et morphologiques des sous-bassin versants étudiés sont les suivantes :

Identifiant du BV	Localisation	S (km ²)	L (m)	P (%)	I (%)
VALE	Ruisseau de la Valette	5.94	7 325	14.10	1.70
TRAP1	Le Trapel à Aragon (amont confluence Valette)	7.20	7 573	16.18	2.10
TRAP2	Le Trapel à Aragon (aval confluence Valette)	13.15	7 573	15.24	1.70
TRAP3	Le Trapel à Aragon (aval confluence La Combe Petite)	15.94	7 874	15.14	1.70
TRAP4	Le Trapel à Villegailhenc (amont confluence Vallouvière)	19.58	11 938	14.61	1.40
VALL2	Ruisseau de Vallouvière	15.54	14 812	14.41	1.80
TRAP5	Le Trapel à Villegailhenc (aval confluence Vallouvière)	35.78	15 853	14.35	1.80
MER	Ruisseau de Merdeau	8.62	4 809	5.98	0.70
TRAP6	Le Trapel à Villegailhenc (aval confluence Merdeau)	44.40	15 853	12.72	1.30
TRAP7	Le Trapel à Villemoustausou (exutoire du bassin versant)	52.78	21 003	11.58	0.90
VALL1	Ruisseau de Vallouvière (amont)	6.54	6 387	13.15	3.60
EST	Ruisseau de l'Estève	1.06	1 507	5.00	1.30
CAU	Ruisseau de la Caune	2.66	3 085	4.80	1.80
SOU	Ruisseau de Soulissa	1.54	2 130	4.55	1.50
DUS	Ruisseau de la Dussaude	3.77	3 141	4.90	1.50
REV	Ruisseau de Revel	2.07	2 090	4.95	1.60
VALL1_1	Ruisseau de Vallouvière (intermédiaire)	12.75	12 801	15.22	2.11
AFF_VALL	Affluent rive droite du ruisseau de Vallouvière	0.20	1 059	14.62	8.90
COM	Ruisseau de la Combe Petite	2.14	2 958	16.71	4.10

Identifiant du BV	Localisation	S (km ²)	L (m)	P (%)	I (%)
MAL	Ruisseau de Malmajou	0.30	1 028	13.04	7.30
AFF_TRAP_1	Affluent rive droite du Trapel - Moulin de Vignore	0.66	2 625	8.01	4.80
AFF_TRAP_2	Affluent rive gauche du Trapel - Lieu-dit Le Chalet	0.13	417	12.74	10.60
AFF_TRAP_3	Affluent rive droite du Trapel - Lieu-dit Montipèze	0.25	1 048	6.82	2.80

Caractéristiques physiques et morphologiques des sous-bassins versants du Trapel

Les bassins versants du **ruisseau de la Valette et de la Combe Petite**, situés sur la commune d'Arçon, présentent une forme allongée et une occupation des sols fortement boisée.

Le **ruisseau de Vallouvière** présente une longue vallée très encaissée à la composition essentiellement rocheuse (peu d'infiltration). Les pentes sont marquées et l'occupation des sols très naturelle.

Le bassin versant du **ruisseau de Merdeau** présente une forme relativement compacte et des pentes peu marquées. L'occupation des sols y est essentiellement viticole.

D'une manière générale, les bassins versants des **ruisseaux de l'Estève, de la Caune, de Soulissa, de la Dussaude et de Revel** présentent également des formes relativement compactes. Les sous-bassins de l'Estève et de la Caune accueillent une part importante de surfaces imperméabilisées tandis que les sous-bassins de Soulissa, de la Dussaude et de Revel disposent d'un couvert plus naturel, composé de prairies et de cultures.

Au global, le **bassin versant du Trapel** est doté d'une forme très allongée et d'une pente moyenne le long de son cheminement de l'ordre de 1.6%. L'occupation des sols y est très naturelle, équitablement répartie entre des terrains pâturés, des boisements et des parcelles culturales.

Occupation des sols

D'une manière générale, le bassin versant du Trapel repose sur des **terrains à dominante limoneuse**.

Une typologie de terrains « limoneux » a été retenue pour la détermination du paramètre de **rétenion initiale** de chaque sous-bassin.

Pour rappel, les valeurs de **rétenion initiales** proposées par la méthode de l'Aude sont les suivantes :

Couverture végétale	Morphologie	Pente %	Terrain sable grossier	Terrain Limoneux	Terrain argileux ou rocailleux compact
Bois Garrigue	presque plat	0 - 5	90	65	50
	ondulé	5 - 10	75	55	35
	montagneux	10 - 30	60	45	25
Pâturages et prairies	presque plat	0 - 5	85	60	50
	ondulé	5 - 10	80	50	30
	montagneux	10 - 30	70	40	25
Cultures	presque plat	0 - 5	65	35	25
	ondulé	5 - 10	50	25	10
	montagneux	10 - 30	35	10	0
Terrain artificialisé	Dense (plus de 20 bâtiments à l'hectare)	Sans objet	0		
	Peu dense (moins de 20 bâtiments à l'hectare)	Sans objet	25		

Abaques pour la détermination du paramètre de rétenion initiale (Source : Méthode de l'Aude – 2021)

La répartition de l'**occupation des sols** selon les 3 catégories retenues dans la méthodologie audoise ainsi que les valeurs de rétenion initiales de chaque sous-bassin sont disponibles en **Annexe** du présent rapport.

5.2.b Détermination des débits centennaux par la méthode de l'Aude réactualisée

Préambule

La méthode de l'Aude est une méthode de calcul des débits de référence centennaux mise au point en 2001 pour l'élaboration des Plans de Prévention du Risques Inondation à la demande de la Direction Départementale de l'Equipement de l'Aude.

Depuis, la survenue de nouveaux épisodes de crue et d'inondation majeurs, en particulier l'épisode survenu en octobre 2018, a montré que la crue de référence dans certains PPRI a été dépassée.

Dans ce contexte, la DDTM de l'Aude a souhaité que soient révisées les méthodes d'estimation des pluies extrêmes. Cette action a notamment permis de réévaluer les coefficients de Montana permettant la détermination des pluies centennales à l'échelle du département, sur la base, notamment, des nouvelles données météorologiques acquises depuis 2001 et des avancées méthodologiques.

Le chapitre suivant s'attache ainsi à mettre en application cette méthode réactualisée pour l'estimation des débits de pointe centennaux au droit des 16 nœuds de calculs définis sur le bassin versant du Trapel.

Présentation des résultats

En pratique, la méthode de l'Aude propose deux méthodologies de calcul du débit de référence centennal, selon que l'on étudie un bassin de **superficie inférieure à 20 km²** ou **supérieure à 50 km²**. Pour les bassins de **surface comprise entre 20 et 50 km²**, une comparaison des deux méthodes sera établie, ceci en vue d'étudier la sensibilité des résultats au choix de la formule de calcul.

De plus, les valeurs de débit centennal obtenues seront comparées aux études existantes et aux documents antérieurs (PPRi), en vue de vérifier leur validité.

Sous-bassins versants de superficie inférieure à 20 km²

Temps de concentration

La formule de calcul retenue par la méthode audoise est la suivante :

Avec :

- **t_c** : le temps de concentration en h
- **L** : le plus long chemin hydraulique en km
- **V** : la vitesse moyenne de transfert des eaux en m/s est déterminée à l'aide de la pente I telle que :

$$t_c = \frac{L}{3,6 \cdot V}$$

- Pour I < 1% : V = 1 m/s
- Pour 1% < I < 10 % : V = 1 + (I-1)/9
- Pour I > 10% : V = 2 m/s

19 sous-bassins versants disposent d'une superficie inférieure à 20 km², les résultats de l'application de cette formule sont disponibles en *Annexe* du présent rapport.

D'une manière générale, au regard des temps de transfert des pointes de crues constatés lors de l'épisode de 2018, les temps de concentration les plus réalistes semblent se rapprocher de ceux calculés en considérant la pente selon le plus long chemin hydraulique (l).

De ce fait, les valeurs de temps de concentration retenues pour chaque sous-bassin sont celles calculées via la pente moyenne pondérée le long du thalweg.

A noter toutefois que pour les **petits bassins versants de superficie inférieure à 1 km²**, la validité de la formule de calcul de la méthode audoise a montré ces limites, notamment vis-à-vis des temps de concentrations inférieurs à 1 heure qui sortent du domaine d'applicabilité des coefficients de Montana pour lesquels ils ont été calibrés. Les débits calculés pour ces petits bassins versants se sont en effet révélés particulièrement élevés.

De ce fait, il a été convenu avec la DDTM11 d'appliquer une valeur « plancher » de 30 minutes pour les temps de concentration des petits bassins versants. L'application de cette valeur plancher est indiquée par un astérisque dans le tableau précédent.

Débit centennal

La formule de calcul du débit centennal pour les bassins versants de superficie inférieure à 20 km² est la suivante :

Avec :

- **Cr** : le coefficient de ruissellement du sous-bassin

$$C_r = 0,8 \times (1 - P_o / P_{j100})$$

$$Q_{100} = \frac{C_r}{3,6} * a * \left(\frac{L}{3,6 * V} \right)^{-b} * S$$

- **a et b** les coefficients de Montana du sous-bassin
- **L** : le plus long chemin hydraulique en km
- **V** : la vitesse moyenne de transfert des eaux en m/s
- **S** : surface du bassin versant en km²
- **P_o** : retention initiale en mm, qui dépend de la pente et du type de sol
- **P_{j100}** : Pluie journalière centennale (mm)

Les résultats de l'application de cette formule ainsi que la comparaison aux valeurs de débits centennaux existants et connus sont disponibles en *Annexe* du présent rapport.

La comparaison avec les débits centennaux du PPRi actuel (PPRi de 2003) fait apparaître une tendance globale à la baisse des débits centennaux calculés via la pente moyenne pondérée le long du plus long thalweg. En effet, précédemment, la méthode audoise faisait intervenir uniquement la pente moyenne du bassin versant (P en %), ce qui semble moins représentatif du cheminement réellement emprunté par les flux et tend à maximiser les vitesses de transfert des eaux au sein du sous-bassin.

La comparaison avec les débits simulés pour la crue de 2018 fait état des constats suivants :

- La crue de 2018 semble **voisine d'une crue centennale** sur le **Trapel amont à Aragon** (TRAP 1 à 3) et les ruisseaux de la **Valette** et du **Merdeau**,
- L'évènement de 2018 est d'occurrence **supérieure à 100 ans** sur le ruisseau de la **Vallouvière**.

Sous-bassins versants supérieurs à 20 km²

4 sous-bassins versants disposent d'une superficie supérieure à 20 km² pour lesquels la méthode audoise préconise une comparaison des deux méthodes de calcul (< 20 km² et > 50 km²), ceci en vue d'étudier la sensibilité des résultats au choix de la formule de calcul.

Temps de concentration

Pour les bassins de **superficie supérieure à 50 km²**, la méthode audoise préconise la formule suivante :

$$t_c = \alpha \times (S \cdot L)^{\frac{1}{3}} \times (I/100)^{-0.50}$$

Où

$$\alpha = \frac{1}{C_E^{\frac{5}{3}} \times a^{\frac{2}{3}}}$$

Avec :

- **t_c** : le temps de concentration en h
- **C_E** : le coefficient d'écoulement
- **S** : la superficie en km²
- **L** : le plus long chemin hydraulique en km
- **I** : la pente moyenne pondérée le long du plus thalweg en %

Pour les 4 sous-bassins versants étudiés, la comparaison de l'application de cette formule avec celle présentée au chapitre précédent pour les sous-bassins de superficie inférieure à 20 km² est disponible en *Annexe* du présent rapport.

Pour l'ensemble des sous-bassins, le temps de concentration retenu est celui de la **formule inférieure à 20 km² calculé via la pente moyenne le long du plus long thalweg (I)**.

L'analyse de l'évènement de 2018 permet d'évaluer le temps de concentration moyen des sous-bassins amont à environ **3 à 5 heures** (décalage entre la pointe des précipitations et les inondations observées par les riverains).

En sus de ces observations, il apparaît que les valeurs retenues permettent d'assurer la cohérence avec les sous-bassins amont et aval.

Débit centennal

La formule de calcul du débit centennal pour les bassins versants de superficie supérieure à 50 km² est la suivante :

$$Q_{100} = 0,0436 \times P_{j100}^{1,413} \times (I/100)^{0,31} \times S^{0,793} \times L^{-0,207}$$

Avec :

- **P_{j100}** : la pluie journalière centennale
- **I** : la pente moyenne pondérée le long du plus long chemin hydraulique en %
- **S** : la superficie en km²
- **L** : le plus long chemin hydraulique en km

Les résultats de l'application de cette formule et de celle préconisée pour les sous-bassins de superficie inférieure à 20 km² ainsi que la comparaison aux valeurs de débits centennaux existants et connus sont présentés en *Annexe* du présent rapport.

La formulation inférieure à 20 km² apparaît parfaitement cohérente avec les débits centennaux du PPRi actuel (PPRi de 2003) tandis que la formule supérieure à 50 km² tend à les surestimer fortement.

Pour le sous-bassin du Trapel en amont de la confluence avec la Vallouvière (TRAP4), le débit centennial calculé par la formule inférieure à 20 km² semble faible au regard de la valeur de 127 m³/s retenue pour le sous-bassin de collecte du Trapel à Aragon en aval de la confluence avec la Combe Petite (TRAP3), situé en amont. La formule supérieure à 50 km² semble, quant à elle, largement surestimée au regard, notamment des débits de référence connus.

De ce fait, afin d'assurer la cohérence amont / aval et ne pas créer de discontinuités, il est proposé de retenir un débit centennial basé sur le **débit spécifique du sous-bassin TRAP3, soit 7,97 m³/s/km²**.

Pour les **sous-bassins du Trapel en aval de la confluence avec la Vallouvière (TRAP5) et en aval de la confluence avec le Merdeau (TRAP6)**, une **valeur moyennée issue des résultats des deux formulations** est proposée. Les valeurs retenues sont ainsi légèrement supérieures aux débits centennaux du PPRi actuel (PPRi de 2003) mais assure la cohérence des écoulements amont / aval.

Pour le sous-bassin du **Trapel à l'exutoire du bassin versant (TRAP7)**, les débits centennaux du PPRi actuel (PPRi de 2003) ainsi que ceux calculés par la méthode de l'Aude sont inférieurs à ceux calculés par ces mêmes méthodes sur le point de calcul amont (l'allongement du cheminement hydraulique et la pente moyenne de ce cheminement diminuant, l'intensité pluviométrique de référence est donc sensiblement inférieure sur ce point de calcul aval qu'au point de calcul amont, d'où ce débit plus faible en aval qu'en amont). Dans la réalité ce phénomène est possible si les volumes en jeu stockés en lit majeur sont très significatifs. Dans le cas présent, le lit majeur reste modéré et les pentes encore marquées (d'où in fine peu de stockage en lit majeur). Afin d'assurer la cohérence amont / aval des débits, il est proposé de retenir la valeur du débit de pointe centennial du sous-bassin amont (TRAP6), soit 268 m³/s.

La comparaison avec les débits simulés pour la crue de 2018 fait état des constats suivants :

- La crue de 2018 apparaît **voisine voire légèrement supérieure à une crue centennale** sur le Trapel en amont de la confluence avec la Vallouvière,
- L'évènement de 2018 est d'occurrence bien **supérieure à 100 ans** sur le Trapel dans la traversée de Villegailhenc (**TRAP 5 et 6**).

5.2.c Analyse par secteur et choix des débits de référence

Secteur amont - Commune d'Aragon

D'après le découpage en sous-bassins proposé, **5 sous-bassins** cheminent sur la commune d'Aragon :

- Les sous-bassins **TRAP1 à TRAP4 et AFF_TRAP_1 à 3** sur le Trapel et ses affluents,
- Le bassin du ruisseau de la Valette, **VALE**,
- Le bassin du ruisseau de la Combe Petite, **COM**,

- Le bassin du ruisseau de Malmajou, **MAL**.

L'analyse de **la crue de 2018**, tel que relayée d'après les retours d'expérience de la commune et des acteurs du territoire, fait état d'un évènement particulièrement dommageable. Durant cette crue, le **pont de la rue de la Montagne Noire sur le Trapel s'est effondré** et un second pont situé plus en aval a été fortement fragilisé. Les hauteurs d'eau maximales relevées dans les habitations sont de **1.98 mètres** mais aucun décès n'est à déplorer.

Les phénomènes de **ruissellement** observés sur la partie amont de la commune, notamment le secteur des Capitelles, ont constitué un phénomène particulièrement aggravant durant cette crue. De plus, les **apports des différents affluents** des ruisseaux de la Valette et du Trapel ont été importants et ont largement contribué à la montée des eaux observée sur la commune.

Durant la crue de 2018, le barrage situé en amont de la commune était vide, ce qui a permis de tamponner une partie des débits du ruisseau de la Valette. Cette rétention amont a également permis de retarder l'arrivée de l'onde de crue sur le village (**décalage de la pointe de crue du ruisseau de la Valette**).

La comparaison des principales caractéristiques de l'évènement de 2018 avec la crue centennale du PPRi actuel (PPRi de 2003) est présentée ci-après.

Les laisses de crue disponibles pour 2018 sur le secteur d'Aragon sont nombreuses, ce qui permet de disposer d'un panel de données satisfaisant pour la comparaison des niveaux atteints en 2018 et des isocotes du PPRi actuel (PPRi de 2003).

Au regard de ces éléments, il apparaît que la **crue de 2018 semble très voisine d'une crue centennale** sur le secteur d'Aragon. Les débits et hauteurs d'eau sont quasi identiques (aux incertitudes de calculs près) et les emprises inondées similaires (aux écarts de report près) sur le Trapel mais légèrement inférieures sur le cours de la Valette.

De ce fait, il est proposé de retenir la crue centennale comme évènement de référence sur le cours de la Valette et la crue de 2018 sur le Trapel à Aragon.

Sur le secteur de Villegailhenc en revanche, la comparaison croisée des débits et des hauteurs indique que ces dernières ont été très nettement supérieures aux isocotes du PPRi actuel (PPRi de 2003).

De ce fait, la crue de référence retenue sur ce secteur est la crue de 2018.

Identifiant du BV	Localisation	Surface du bassin (km ²)	Choix de la crue de référence							
			Débits			Hauteurs d'eau			Emprise inondée	Crue de référence proposée
			Q ₂₀₁₈ modélisé (m ³ /s)	Q ₁₀₀ PPRi (m ³ /s)	Q ₁₀₀ retenu (m ³ /s)	Identifiant de la laisse de crue	Niveaux observés - Crue 2018 (m NGF)	Isocotes du PPRi 2003 (m NGF)	Comparaison de la cartographie de la crue de 2018 et des aléas du PPRi de 2003	
VALE	Ruisseau de la Valette	5.9	30	48	48	VAT_01	186.73	187.30	2018 ≈ PPRi 2003	100 ans
TRAP1	Le Trapel à Aragon (amont confluence Valette)	7.2	57	60	61	TRA_01	192.25	192.20	2018 ≈ PPRi 2003	2018
						TRA_04	181.28	180.80		
TRAP2	Le Trapel à Aragon (aval confluence Valette)	13.1	90	110	107	TRA_05	181.02	179.90	2018 ≈ PPRi 2003	2018
TRAP3	Le Trapel à Aragon (aval confluence La Combe Petite)	15.9	103	110	127	TRA_06	179.10	178.90	2018 ≈ PPRi 2003	2018
						TRA_09	177.26	177.20		
						TRA_10	175.05	175.00		
TRAP4	Le Trapel à Villegailhenc (amont confluence Vallouvière)	19.6	150	124	155	VLG_01	134.48	134.10	2018 ≈ PPRi 2003	2018
COM	Ruisseau de la Combe Petite	2.1			33					100 ans
MAL	Ruisseau de Malmajou	0.3			5					100 ans
AFF_TRAP_1	Affluent rive droite du Trapel - Moulin de Vignore	0.7			11					100 ans
AFF_TRAP_2	Affluent rive gauche du Trapel - Lieu-dit Le Chalet	0.1			2					100 ans
AFF_TRAP_3	Affluent rive droite du Trapel - Lieu-dit Montipèze	0.2			4					100 ans

Comparaison des caractéristiques de la crue de 2018 et de la crue centennale – Secteur Aragon

Secteur amont – Commune de Villardonnel

La commune de Villardonnel est traversée à l'Ouest par le ruisseau de Vallouvière. D'après le découpage proposé, le sous-bassin concerné est le bassin du ruisseau de Vallouvière amont : **VALL1** et d'un petit affluent : **AFF_VALL**.

D'après nos échanges avec la mairie, la crue de 2018 apparaît comme la **plus grosse crue connue** sur la commune.

Durant cette crue, une habitation et un pont sur la Vallouvière ont notamment été affectés au **hameau de Capservy** et un décès au lieu-dit la Barthe Haute sont à déplorer.

Sur ces secteurs, la **vallée très encaissée** du ruisseau de Vallouvière couplée à une structure des sols très rocheuse limite fortement les capacités d'infiltration et favorise les débordements.

De plus, les **phénomènes de ruissellement** observés sur la partie amont de la commune, notamment le secteur la Barthe-Haute, ont constitué un phénomène particulièrement aggravant durant cette crue (vague de ruissellement ayant causé le décès).

La comparaison de cet évènement avec la crue centennale peut s'appuyer uniquement sur ces données qualitatives puisque le secteur n'est pas couvert par le zonage du PPRi actuel (PPRi de 2003).

Sur la base de ces témoignages et au regard des dégâts observés, il semblerait que la crue de 2018 constitue un évènement significatif jamais observé par les riverains du secteur.

D'après le modèle hydrologique mis en œuvre dans le cadre de la révision du PPRi, le débit de pointe de la crue de 2018 serait de l'ordre de 60 m³/s. Cette valeur est cohérente avec le débit centennial calculé.

De ce fait, il apparaît que l'évènement de 2018 soit très proche d'un évènement centennial. Cependant, en l'absence de données qualitatives permettant d'en estimer le débit de pointe, il est proposé de retenir la crue centennale comme crue de référence sur le secteur de la Vallouvière à Villardonnel, soit :

- Un débit de pointe de 66 m³/s pour le sous-bassin amont de la Vallouvière (VALL1),
- Un débit de pointe de 4 m³/s pour l'affluent de la Vallouvière (AFF_VALL).

Secteur intermédiaire – Communes de Conques-sur-Orbiel et Villegailhenc

D'après le découpage en sous-bassins proposé, **5 sous-bassins** cheminent sur les communes de **Conques sur Orbiel** et **Villegailhenc** :

- Les bassins du ruisseau de la Vallouvière intermédiaire et aval : **VALL1_1** et **VALL2**,
- Les sous-bassins **TRAP5** et **TRAP6** sur le Trapel,

□ Le bassin du ruisseau de Merdeau, **MER**.

L'analyse de **la crue de 2018**, tel que relayée d'après les retours d'expérience de la commune et des acteurs du territoire, fait état d'un évènement particulièrement dommageable. Les inondations ont touché 450 habitations sur la commune et 4 décès sont à déplorer.

Sur le **cours de la Vallouvière aval**, des brèches se sont formées dans les merlons en rive droite, générant des débordements. Ceux-ci se sont intensifiés au niveau de la confluence avec le Trapel, au niveau du pont de la RD35 dont la capacité hydraulique a été rapidement dépassée.

Sur le **Trapel**, l'ensemble des ouvrages hydrauliques dans la traversée de Villegailhenc a été rapidement submergé, allant jusqu'à la rupture du pont de la RD118. Des phénomènes de ruissellement, notamment en provenance du secteur Coumbèlo, sont venus s'ajouter aux débits de crue du Trapel.

Le **cours du Merdeau** a également été sujet au ruissellement, en provenance du lieu-dit Casaille Basse notamment. Le pont de la rue du Raus s'est avéré limitant, entraînant des débordements du Merdeau au niveau de la confluence avec le Trapel. Le niveau d'eau du Trapel étant déjà très élevé, les écoulements du ruisseau de Merdeau ont été bloqués, générant ainsi des débordements de part et d'autre du ruisseau au niveau de la rue du Mail.

En **aval de la confluence avec le Merdeau**, les débordements se sont généralisés, inondant toute la plaine du Trapel.

Les phénomènes de **ruissellement** observés sur les secteurs du Coumbèlo, de la rue des Pyrénées et de l'Avenue du Languedoc, sont venus s'ajouter aux débits de crue déjà très importants des cours d'eau.

Les **apports des principaux affluents du Trapel, à savoir les ruisseaux de la Vallouvière et du Merdeau**, ont été particulièrement importants et ont largement contribué à la montée des eaux observée sur la commune.

La comparaison des principales caractéristiques de l'évènement de 2018 avec la crue centennale du PPRi actuel (PPRi de 2003) est présentée ci-après.

Les repères de crue disponibles pour 2018 sur la commune de Villegailhenc sont nombreux, ce qui permet de disposer d'un panel de données satisfaisant pour la comparaison des niveaux atteints en 2018 et des isocôtes du PPRi actuel (2003).

Sur le **cours de la Vallouvière**, il apparaît que la crue de 2018 est largement supérieure à une crue centennale. Les débits estimés pour cette crue sont environ 1,6 fois supérieurs à ceux de la crue centennale. L'emprise inondée est en revanche similaire, en raison du caractère très encaissé de la vallée du cours d'eau.

Au regard de ces éléments et dans un souci de cohérence amont / aval, il est proposé de retenir l'évènement de 2018 comme crue de référence sur le cours de la Vallouvière à Villegailhenc.

Sur le **Trapel**, la crue de 2018 est nettement supérieure à l'évènement centennal. Les débits, hauteurs d'eau ainsi que les emprises inondées ont largement dépassés les estimations du PPRi en vigueur (PPRi de 2003).

Sans aucun doute, l'évènement de 2018 constitue à ce jour la crue de référence du Trapel sur la commune de Villegailhenc.

Sur le ruisseau de **Merdeau**, les débits et l'emprise modélisée pour la crue de 2018 sont voisins d'une crue centennale. Les laisses de crue de 2018 sont plus élevées que les isocotes du PPRi actuel (PPRi de 2003) mais elles sont fortement influencées par la remontée des eaux depuis le Trapel. Elles ne sont ainsi pas représentatives des niveaux atteints sous l'effet d'une crue du seul cours du Merdeau.

Il est ainsi proposé de retenir la crue de référence de 2018 concomitante sur le cours du Merdeau et du Trapel. Ce choix apparaît pénalisant en termes d'inondation mais apparaît fidèle à ce qui s'est produit en 2018.

Choix de la crue de référence										
Identifiant du BV	Localisation	Surface du bassin (km ²)	Débits			Hauteurs d'eau			Emprise inondée	Crue de référence proposée
			Q ₂₀₁₈ modélisé (m ³ /s)	Q ₁₀₀ PPRi (m ³ /s)	Q ₁₀₀ retenu (m ³ /s)	Identifiant de la laisse de crue	Niveaux observés – Crue 2018 (m NGF)	Isocotes du PPRi 2003 (m NGF)		
VALL1_1	Ruisseau de Vallouvière	12.8			81				2018 modélisée ≈ PPRi 2003	2018
VALL2	Ruisseau de Vallouvière (intermédiaire)	15.5	150	88	87				2018 modélisée ≈ PPRi 2003	2018
TRAP5	Le Trapel à Villegailhenc (aval confluence Vallouvière)	35.8	300	217	236	VLG_15	130.40	130.00	2018 >> PPRi 2003	2018
						VLG_33	129.60	129.00		
						VLG_55	129.25	127.90		
						VLG_09	129.08	127.90		
						VLG_25	128.98	127.40		
MER	Ruisseau de Merdeau	8.6	80	93	87	VLG_51	129.33	129.00	2018 modélisée ≈ PPRi 2003	2018
						VLG_53	129.16	127.10		
						VLG_60	128.92	126.80		
						VLG_64	128.91	126.80		
TRAP6	Le Trapel à Villegailhenc (aval confluence Merdeau)	44.4	380	258	268	VLG_45	125.09	124.20	2018 >> PPRi 2003	2018
						VLG_14	124.06	123.60		
						VLG_07	122.84	122.65		
						VLG_49	120.86	120.30		

Comparaison des caractéristiques de la crue de 2018 et de la crue centennale – Secteur Villegailhenc

Secteur aval – Commune de Villemoustaussou

D'après le découpage en sous-bassins proposé, **5 sous-bassins** cheminent sur la commune de **Villemoustaussou** :

- Le sous-bassin **TRAP7** sur le Trapel (exutoire final),
- Le bassin du ruisseau de St Estève : **EST**,
- Le bassin du ruisseau de la Caune : **CAU**,
- Le bassin du ruisseau de Souliissa : **SOU**,
- Le bassin du ruisseau de la Dussaude : **DUS**
- Le bassin du ruisseau de Revel : **REV**.

L'analyse de **la crue de 2018**, tel que relayée d'après les retours d'expérience de la commune et des acteurs du territoire, fait état d'un évènement particulièrement dommageable. De nombreux ouvrages hydrauliques ont été submergés et le réseau pluvial du village est rapidement monté en charge, inondant les voiries du centre-bourg.

Sur le **Trapel**, l'ensemble des ouvrages hydrauliques est monté en charge, inondant toute la plaine en rives droite et gauche. Sur l'aval, une brèche s'est formée dans un merlon en rive droite, inondant tout le domaine de la Mijane et causant d'importants dégâts sur les parcelles viticoles.

Durant la crue de 2018, le **ruisseau de l'Estève** a été soumis à d'importants phénomènes de ruissellement en provenance des secteurs des Villas de Tissot et des Vipérines. Ce dernier reçoit également des apports pluviaux importants en provenance des fossés routiers au niveau de la RD38. Les débits transités ont été significatifs sur cet affluent en rive droite du Trapel et n'ont pu s'évacuer au niveau de la confluence en raison du niveau très haut du Trapel. Les possibilités d'évacuation des secteurs amonts se sont ainsi retrouvées fortement contraintes, ce qui a généré de nombreuses mises en charge (pont de la RD118) et débordements.

Le **ruisseau de la Caune** a été soumis à des vitesses d'écoulement importantes en provenance des fossés amonts, ayant entraîné son débordement dès l'amont. Le manque d'entretien de certains tronçons du ruisseau a également favorisé les débordements sur ce secteur. Le domaine de l'Espitalet, situé à la confluence avec le ruisseau de Précondale, a été inondé et, sur l'aval, l'ouvrage de traversée de la RD249 a été submergé et fortement endommagé.

Le **ruisseau de Souliissa** a également été soumis à d'importants débits durant la crue de 2018. Il est notamment sorti de son lit sur le chemin de Villejean, entraînant l'inondation de l'habitation située en rive gauche.

Les **apports des principaux affluents du Trapel, à savoir les ruisseaux de l'Estève et de Souliissa**, ont été particulièrement importants et ont largement contribué à la montée des eaux sur la commune.

La comparaison des principales caractéristiques de l'évènement de 2018 avec la crue centennale du PPRi actuel (PPRi de 2003) est présentée ci-après.

Les laisses de crues disponibles pour 2018 sur le Trapel sont nombreuses, ce qui permet de disposer d'un panel de données satisfaisant pour la comparaison des niveaux atteints en 2018 et des isocotes du PPRi actuel (2003).

En revanche, sur les autres ruisseaux, aucune donnée quantitative relative à la crue de 2018 (laisse de crue, emprise inondée) n'est disponible et ces secteurs ne sont pas couverts par le zonage du PPRi actuel (PPRi de 2003) .

A l'instar des observations effectuées sur le secteur de Villegailhenc, la crue de 2018 s'est avérée bien supérieure à un évènement centennal sur la commune de Villemoustaussou. Les hauteurs d'eau en crue et les emprises inondées dépassent nettement les estimations du PPRi actuel (2003).

L'évènement de 2018 est donc retenu comme crue de référence du Trapel sur la commune de Villemoustaussou.

Sur les ruisseaux de l'Estève, de la Caune, de Soulissa de la Dussaude et de Revel, en l'absence d'information quantitative, la crue de 2018 n'a pu être caractérisée.

La crue d'occurrence centennale est donc retenue comme crue de référence sur le ruisseau de l'Estève, le ruisseau de la Caune, le ruisseau de Soulissa, le ruisseau de la Dussaude et le ruisseau de Revel.

Le sud de la commune est également exposé aux crues du Fresquel, pour lequel le PPRi est également en cours de révision dans une procédure menée en parallèle.

Le débit de référence Q100 a été défini dans le cadre d'une analyse hydrologique menée selon des approches similaires à celle réalisée sur le bassin versant du Trapel, le débit retenu est de l'ordre de 531 m³/s au droit de la commune de Villemoustaussou, cette valeur est reprise dans le tableau de synthèse ci-après.

Choix de la crue de référence										
Identifiant du BV	Localisation	Surface du bassin (km ²)	Débits			Hauteurs d'eau			Emprise inondée	Crue de référence proposée
			Q ₂₀₁₈ modélisé (m ³ /s)	Q ₁₀₀ PPRi (m ³ /s)	Q ₁₀₀ retenu (m ³ /s)	Identifiant de la laisse de crue	Niveaux observés Crue 2018 (m NGF)	Isocotes du PPRi 2003 (m NGF)	Comparaison de la cartographie de la crue de 2018 et des aléas du PPRi de 2003	
TRAP7	Le Trapel à Villemoustaussou (exutoire du bassin versant)	52.8	420	252	268	VLM_03	116.25	115.00	2018 >> PPRi 2003	2018
						VLM_04	115.65	114.20		
						VLM_08	112.87	112.60		
						VLM_11	112.67	110.80		
						VLM_17	109.63	109.00		
EST	Ruisseau de l'Estève	1.1			21					100 ans
CAU	Ruisseau de la Caune	2.7			38					100 ans
SOU	Ruisseau de Soulissa	1.5			26					100 ans
DUS	Ruisseau de la Dussaude	3.8			47					100 ans
REV	Ruisseau de Revel	2.1		33	36					100 ans

Comparaison des caractéristiques de la crue de 2018 et de la crue centennale – Secteur Villemoustaussou

Synthèse

La synthèse des crues de référence retenues et des débits associés au droit de chaque nœud de calcul est la suivante :

Identifiant du BV	Localisation	Crue de référence	Débit de référence (m ³ /s)
VALE	Ruisseau de la Valette	100 ans	48
TRAP1	Le Trapel à Aragon (amont confluence Valette)	100 ans	61
TRAP2	Le Trapel à Aragon (aval confluence Valette)	100 ans	107
TRAP3	Le Trapel à Aragon (aval confluence La Combe Petite)	100 ans	127
TRAP4	Le Trapel à Villegailhenc (amont confluence Vallouvière)	2018	150
VALL2	Ruisseau de Vallouvière	2018	150
TRAP5	Le Trapel à Villegailhenc (aval confluence Vallouvière)	2018	300
MER	Ruisseau de Merdeau	2018	80
TRAP6	Le Trapel à Villegailhenc (aval confluence Merdeau)	2018	380
TRAP7	Le Trapel à Villemoustaussou (exutoire du bassin versant)	2018	420
VALL1	Ruisseau de Vallouvière (amont)	100 ans	66
EST	Ruisseau de l'Estève	100 ans	21
CAU	Ruisseau de la Caune	100 ans	38
SOU	Ruisseau de Soulissa	100 ans	26
DUS	Ruisseau de la Dussaude	100 ans	47
REV	Ruisseau de Revel	100 ans	36
VALL1_1	Ruisseau de Vallouvière (intermédiaire)	100 ans	81
AFF_VALL	Affluent rive droite du ruisseau de Vallouvière	100 ans	4
COM	Ruisseau de la Combe Petite	100 ans	33

Identifiant du BV	Localisation	Crue de référence	Débit de référence (m ³ /s)
MAL	Ruisseau de Malmajou	100 ans	5
AFF_TRAP_1	Affluent rive droite du Trapel - Moulin de Vignore	100 ans	11
AFF_TRAP_2	Affluent rive gauche du Trapel - Lieu-dit Le Chalet	100 ans	2
AFF_TRAP_3	Affluent rive droite du Trapel - Lieu-dit Montipèze	100 ans	4
Fresquel	Villemoustaussou	100 ans	531
Aude	Confluence Fresquel/Aude	10 ans	660

Synthèse des débits de référence retenus au droit de chaque nœud de calcul

5.3 Analyse hydraulique

5.3.a Préambule

Le présent chapitre est une présentation des modèles hydrauliques mis en œuvre, permettant de modéliser la crue de référence sur le bassin versant du Trapel. Il a pour objectif d'explicitier les hypothèses de construction et de calculs des modèles ainsi que les incertitudes associées aux simulations.

Conformément au cahier des charges, le secteur d'étude a fait l'objet d'une analyse hydraulique des phénomènes de débordements mais également des phénomènes de ruissellement.

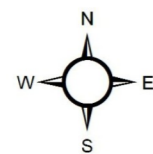
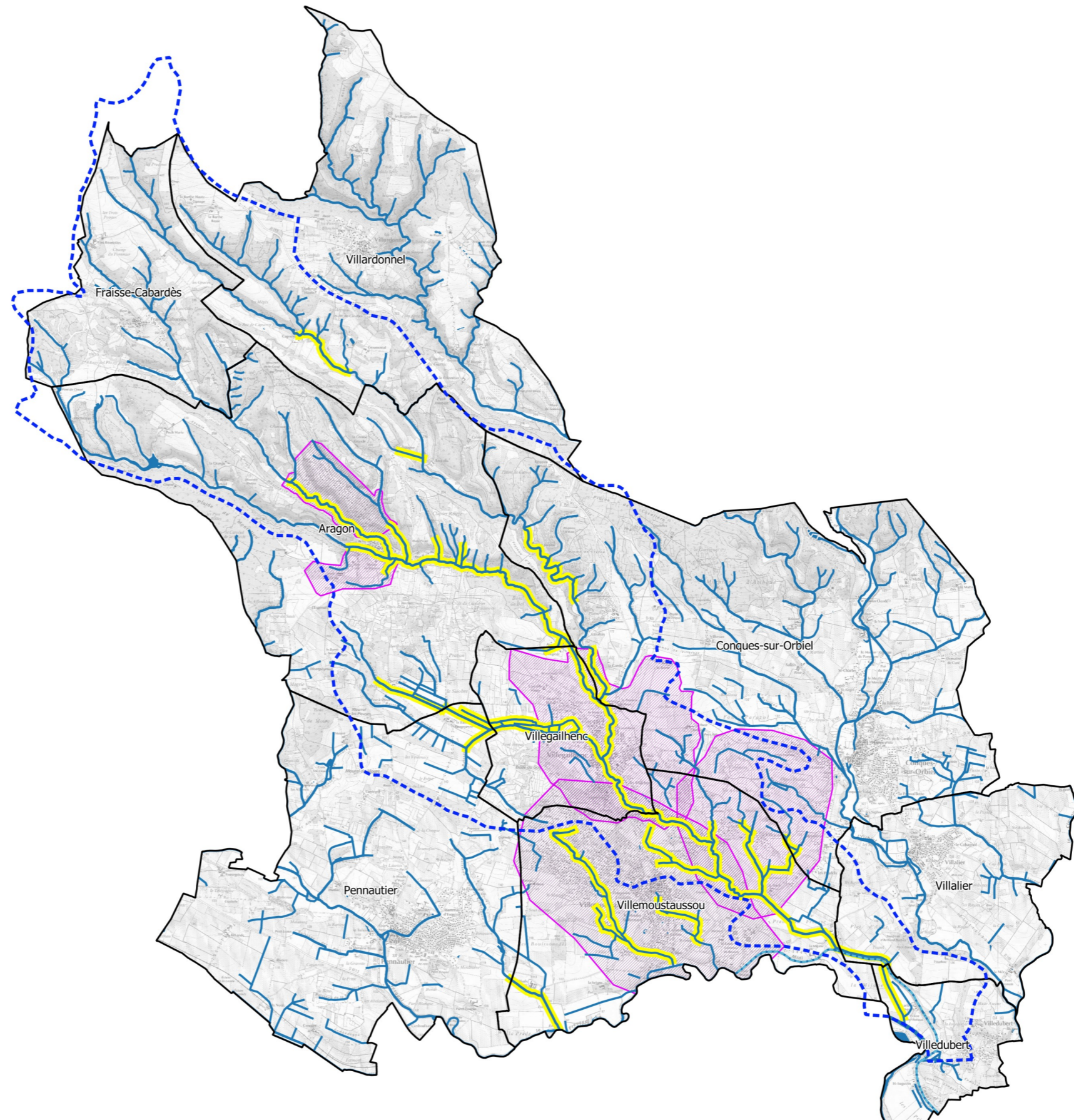
Les typologies de modèles hydrauliques mis en œuvre sur le territoire d'étude sont présentées sur la cartographie en page suivante.

Etude relative à la révision des PPri du bassin versant du Trapel

Typologies des modèles hydrauliques

Légende :

- Limites communales
- Bassin versant du Trapel
- Hydrographie**
- Plans d'eau
- Cours d'eau principaux
- Cours d'eau secondaires
- Canal du midi
- Modélisations hydrauliques**
- Linéaire étudié par débordement
- Zone de modélisation par ruissellement

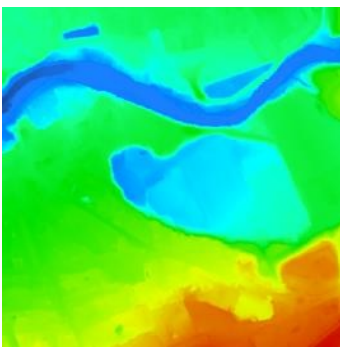


1:60,000

5.3.b Logiciel utilisé

La modélisation hydraulique a été réalisée au moyen du logiciel HEC-RAS 5.0, permettant la création et l'utilisation de modèles 2D, via la résolution complète des équations dynamiques (Barré de Saint Venant). L'intérêt de ce logiciel est avant tout le fait qu'il est libre de droit et gratuit, robuste et performant et très ergonomique. Le modèle ainsi produit sera remis en fin d'étude et pourra être valorisé à travers d'autres études sans verrou de licences ou d'utilisation exclusive de certains bureaux d'études.

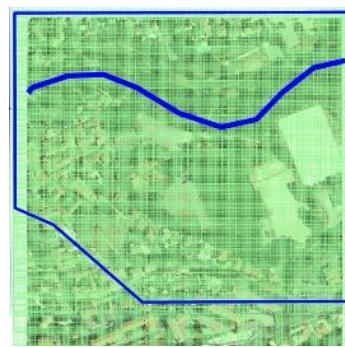
Les modélisations ont été réalisées en régime transitoire en 2D (avec intégration des singularités 1D). Le processus de développement du modèle hydraulique peut être résumé par les six étapes suivantes :



Constitution du MNT dans le progiciel de modélisation hydraulique



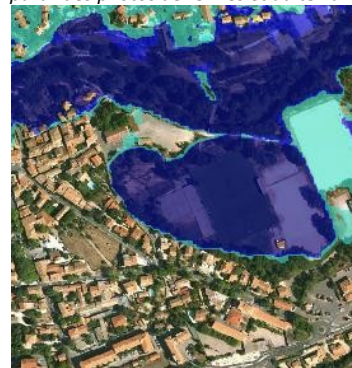
Analyse des conditions d'écoulement à partir des photos aériennes et du terrain



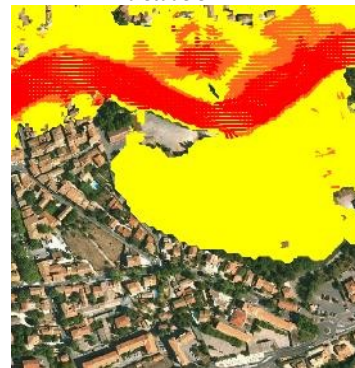
Définition du maillage de calcul, de l'aire d'étude en 2D



Prise en compte des bâtiments -
Définition des coefficients de rugosité



Résultats des modélisations – Hauteurs de submersion



Résultats des modélisations – Vitesses d'écoulement

Présentation, étape par étape, du processus de constitution du modèle d'écoulement 2D

5.3.c Caractéristiques générales des modèles

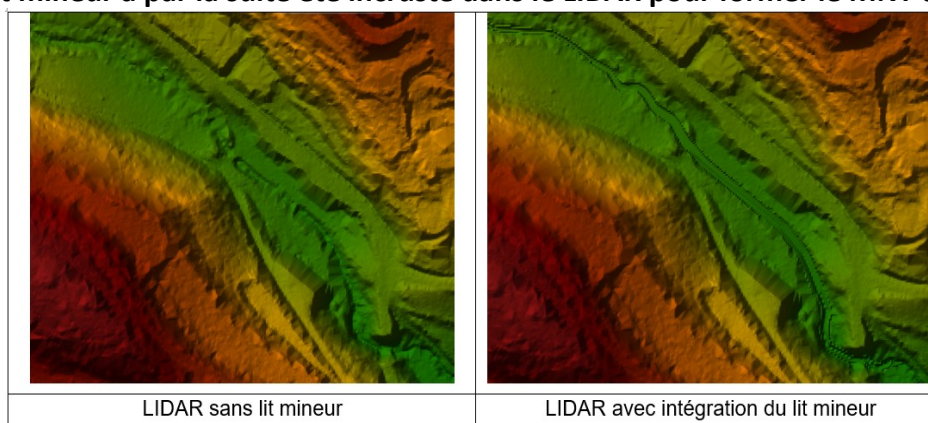
Le modèle bidimensionnel permet de transcrire les conditions d'écoulement au sein d'un terrain comprenant des variations topographiques sans prédéterminer les sens d'écoulements. Cette approche a donc été retenue pour simuler au mieux les écoulements, en particulier au sein des zones urbanisées à forts enjeux.

5.3.d Données topographiques

Le modèle 2D de la zone d'étude a été construit sur la base des données LiDAR de résolution 1m disponibles sur le secteur d'étude, datant de 2018 (avant la crue).

Par ailleurs, bien que la précision des données LiDAR soit relativement fine, la précision en Z dépend fortement de l'occupation des sols et du couvert végétal. Afin de fiabiliser la représentation du lit mineur structurant l'écoulement, des **levés topographiques** ont été réalisés par le cabinet de géomètres expert OPSIA (une centaine). Ces derniers ont été pleinement exploités, ils ont en particulier permis de reconstruire le lit mineur par interpolation des profils en travers relevés et de créer de cette manière un modèle numérique de terrain (MNT).

Le MNT du lit mineur a par la suite été incrusté dans le LIDAR pour former le MNT de calcul.



Maillage

L'ensemble du territoire étudié a été modélisé en 2D avec un **maillage principal de 5m** densifié selon les singularités topographiques et d'aménagement. Le maillage a notamment été adapté comme suit :

- Densification à 2 m au droit des voiries,
- Densification à 1 m sur les lits mineurs, murets et autres aménagement urbains,
- Maillage moins dense, à 20 m, privilégié sur la partie aval du Trapel, au vu de l'étendue du lit majeur.

Afin que les mailles épousent au mieux les contours des singularités (ce qui est essentiel pour que les singularités topographiques soient bien prises en compte dans les calculs), des **lignes de forces** ont été introduites. Elles permettent d'imposer une contrainte de placement à la génération automatique du maillage. Fond du lit, berges, routes, obstacles topographiques et aménagements urbains (ponts, murets) ont ainsi fait l'objet de lignes de force.

Les ouvrages hydrauliques structurants (busages, ouvrages de franchissement) ont ainsi été intégrés en tant que singularités 1D (buse, murs, ponceau, ...) couplées au maillage 2D.

Ouvrages spécifiques

En modélisation bidimensionnelle, les ouvrages correspondent à des équations régissant l'écoulement entre une (ou plusieurs) maille amont et une (ou plusieurs) maille aval, la plupart du temps adjacente. Selon le type d'ouvrage à insérer, les équations de ponceaux, d'orifice et de déversoir peuvent être implémentées entre ces mailles et conditionner l'écoulement et la charge qui en découle.

Le logiciel de modélisation HEC RAS propose des méthodes de calcul performantes au droit des singularités : équations de ponceaux, seuil, relation de déversoir (mince, épais, rectangulaire...etc.) latéral ou frontal.

Les paramètres de ces équations sont déterminés par la géométrie de l'**ouvrage**, précisément connue grâce aux levés topographiques réalisés par le cabinet de géomètres expert OPSIA.

L'intégration **des merlons et des murs** a été faite en accord avec les dimensions de la singularité. Les merlons larges et bien définis ont été intégrés directement dans le MNT de calcul, et la différence d'altitude entre les mailles permet de déterminer l'écoulement.

Pour des singularités fines et courtes, tels que les murs, l'option de les intégrer comme déversoirs a été privilégiée. Tout comme pour les ponts, une équation relie les mailles amont des mailles aval pour déterminer l'écoulement entre les mailles.

Coefficients de rugosité

Les pertes d'énergie liées aux frottements sont traduites sous la forme d'un coefficient de perte de charge régulière appelé **coefficient de Manning-Strickler**.

Afin de tenir compte des différentes conditions de rugosité, plusieurs typologies ont été distinguées selon **l'occupation du sol** et le **type de cours d'eau** au sein des mailles, à appliquer de la même manière aux trois secteurs modélisés.

Surface	Manning n	Strickler Ks	Valeurs retenues (Manning)
<i>Lit mineur naturel : petit cours d'eau naturel</i>	0.04 - 0.067	15-25	0.058 : Affluents du Trapel en amont du bourg d'Aragon 0.04 : Trapel aval du bourg d'Aragon
<i>Lit mineur naturel : cours d'eau large</i>	0.028 - 0.04	25-35	0.03 : Aude
<i>Lit mineur anthropique</i>	0.022 - 0.033	30-45	0.029 : secteurs avec berges en murs à Villegailhenc
<i>Canal bétonné / maçonné</i>	0.014 - 0.025	40-70	0.02 : Merdeau
<i>Lit majeur : pâturages / zones cultivées</i>	0.04 - 0.1	10-20	0.067
<i>Lit majeur : forêts / boisements denses</i>	0.1 - 0.14	7-10	0.125
<i>Routes / parking (enrobé)</i>	0.017 - 0.025	40 - 60	0.02
<i>Zones urbanisées</i>	0.1 - 0.2	5-10	0.125
<i>Ilots bâtis continus (centre bourg dense hors routes)</i>	infini	Env. 0	100

Coefficients de Strickler appliqués au sein du maillage 2D

Une carte d'occupation des sols a donc été préalablement construite à partir des typologies du tableau pour chacun des secteurs modélisés. Cette carte d'occupation des sols a pu être chargée dans le logiciel HEC-RAS et chaque maille du modèle 2D a reçu par ce biais une valeur de coefficient de Manning en fonction de l'occupation du sol qu'elle couvrait.

Certaines zones urbanisées présentent des ilots bâtis denses déterminant la direction d'écoulement. Ces zones ont donc reçu un coefficient de Manning arbitrairement élevé (100) pour empêcher le flux de traverser ces ilots, et forcer les couloirs d'écoulements qui se sont produits lors de la crue 2018. Cette méthode a été privilégiée à l'intégration des bâtiments dans le MNT sous-jacent pour des raisons d'affichage des résultats et de cohérence des zones inondables.

5.3.e Analyse hydraulique des phénomènes de débordements

Cette analyse est présentée en deux parties :

- La première partie expose la construction du modèle. Elle précise les hypothèses considérées, les caractéristiques de chaque secteur ainsi que les solutions techniques privilégiées dans l'élaboration de la géométrie du modèle et dans le choix des paramètres.
- La seconde partie développe le calage du modèle au droit des lasses de crue disponibles, et expose les résultats de la simulation la plus satisfaisante à ce jour pour chacun des secteurs étudiés.

Organisation des modèles

Dans le cadre de la présente étude, la zone modélisée s'étend depuis l'amont d'Aragon jusqu'à la confluence du Trapel dans l'Aude.

Près de 1180 ha de territoire sont modélisés en 2D **depuis Aragon jusqu'à Villemoustaussou**, avec des mailles relativement fines pour préserver la qualité des écoulements au droit des singularités de la topographie et des aménagements.

Pour optimiser le temps de calcul, le territoire a été divisé en **trois sous-modèles** :

- Le modèle d'Aragon,
- Le modèle de Villegailhenc,
- Le modèle de Villemoustaussou.

Pour rappel, la cartographie des linéaires modélisés par débordement de cours d'eau est disponible en préambule du présent chapitre.

Hydrologie et injection des débits

La complexité de la démarche de reconstitution des débits du Trapel et de ses affluents et du calage du modèle réside dans le fait que le bassin versant n'étant pas instrumenté, les débits de la crue de 2018 ne sont pas connus.

La démarche conduite itérative suivante a donc été mise en place :

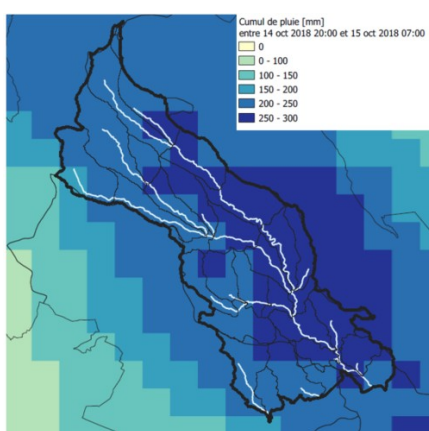
- Construction d'un **modèle hydrologique** pour simuler la crue de 2018 et appréhender les ordres de grandeur, la chronologie et les effets de concomitance,
- Simulation de **différents débits** via le modèle 2D pour approcher les débits des principaux cours d'eau par rapport aux observations.

In fine, il ne s'agit donc pas en soi, d'un strict calage du modèle, dans la mesure où la modélisation hydraulique a contribué à la détermination des débits modélisés.

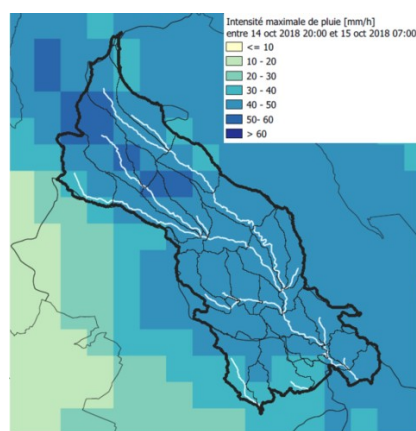
Modélisation hydrologique

L'analyse hydrologique détaillée a fait l'objet d'un rapport spécifique (*Note relative au calcul des débits de référence du bassin versant du Trapel – Juin 2021 – SCE*). Le présent chapitre dresse une rapide synthèse du modèle hydrologique mis en œuvre pour permettre la compréhension des injections de débits dans le modèle hydraulique.

Les lames d'eau Antilope de cet évènement (supérieures aux lames d'eau Panthère) ont été exploitées (cf. cumul et intensité horaire ci-dessous – **Attention heure UTC**) pour déterminer les hyétogrammes injectés.



Cumul (mm) sur la durée de l'évènement



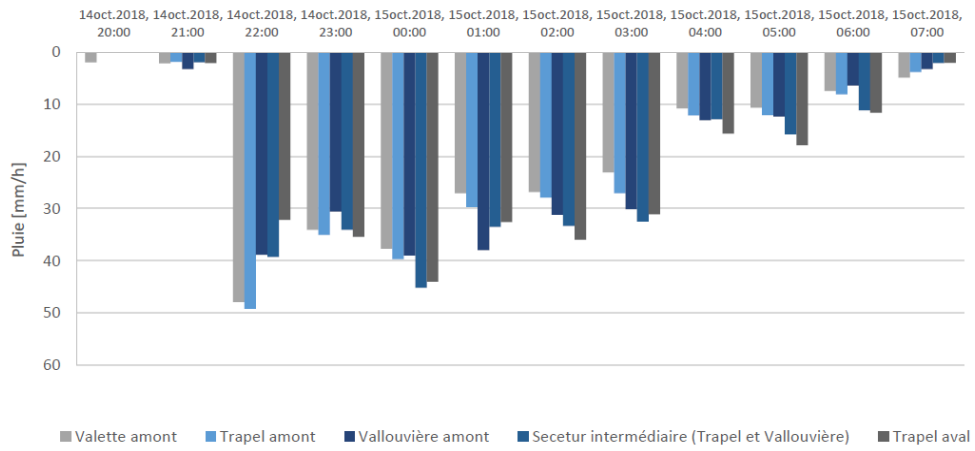
Intensité horaire maximale (mm/h)

Il ressort de l'analyse de ces données, un évènement qui a affecté de manière assez homogène l'intégralité du bassin versant avec :

- Un cumul d'environ 250 mm,
- Une intensité horaire max : 40 - 50 mm/h (de nombreux témoignages font état d'intensités potentiellement plus importantes, les lames d'eau Antilope sous-estimant potentiellement ces intensités et de fait les débits des petits affluents phénomènes de ruissellement).

Les hyétogrammes ont ensuite été produits à l'échelle des sous-bassins versant homogènes en termes de pluviométrie et de chronologie de l'évènement.

Hyetogrammes sur les différents secteurs d'étude



Le modèle hydrologique a ensuite été construit sous le logiciel HEC-HMS, comme l'illustre la figure ci-dessous avec un découpage en 20 sous-bassins versants.



Schéma du modèle hydrologique sous HEC-HMS

Les bassins versants ont été caractérisés en termes de **pente**, **d'occupation des sols** et de **temps de concentration** (cf. Méthode de l'Aude BV<20 km², **paragraphe 28**).

Le modèle de **transformation de la pluie brute en hydrogramme ruisselé** réside dans la méthode SCS (basée sur un Curve Number - CN traduisant le potentiel de ruissellement et une méthode d'hydrogramme unitaire).

Deux tests ont été conduits avec des CN typique de **sols limoneux** et des CN des **sols plus argileux-rocaillieux** (cf. tableau ci-après).

Le transit des hydrogrammes issus des sous-bassins versants dans l'hydrographie est basée sur une loi de Muskingum-Cunge avec une représentation simplifiée des profils en travers type issue du LIDAR.

La modélisation hydrologique permet de mettre en évidence :

- L'effet du cumul pluvieux important engendrant un ruissellement en milieu d'épisode proche de 75 à 85 % de la pluie précipitée,
- Au vu de la durée de l'épisode un cumul presque intégral des pointes de crues (4 h de pointe de crue) des différents sous-bassins versants.

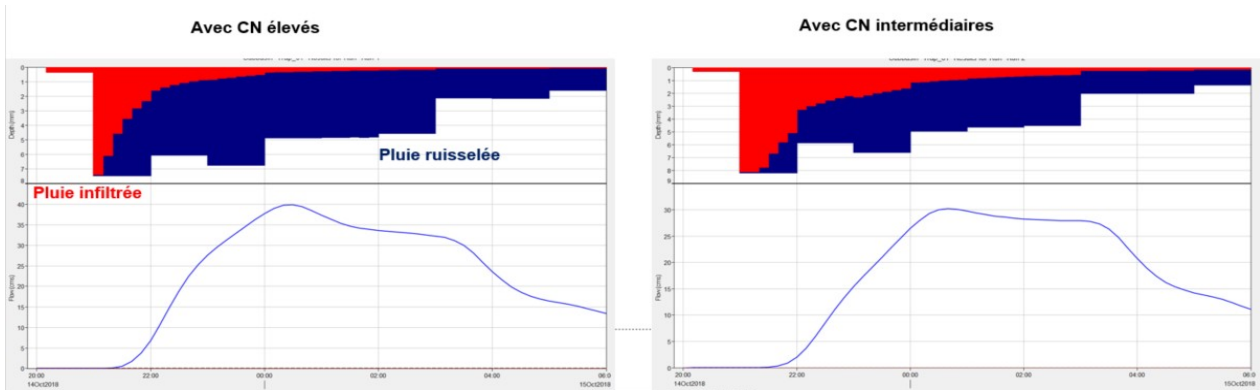
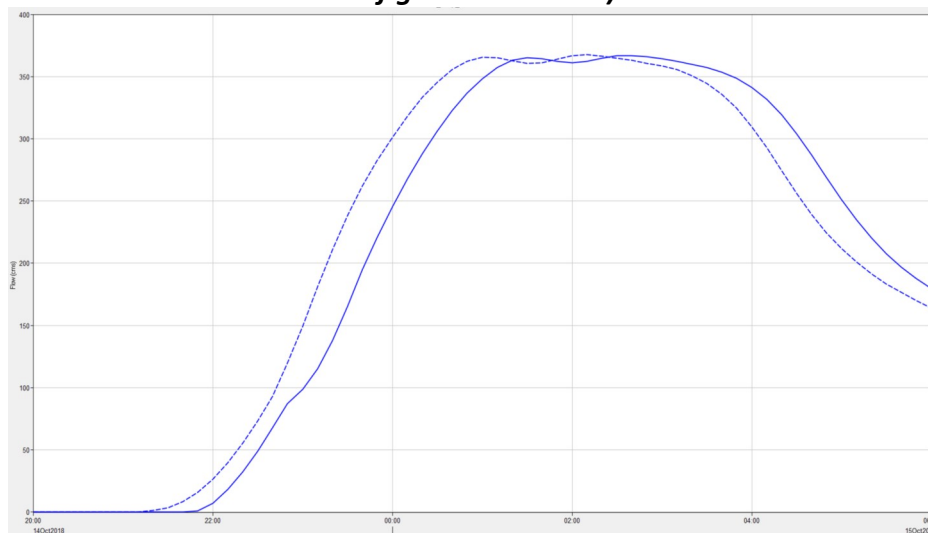


Illustration de l'importance de la part ruisselée de l'évènement pluvieux (tests avec deux configurations de CN)



Hydrogramme du Trapel dans Villegailhenc (aval Merdeau - CN élevés) – Heure UTC

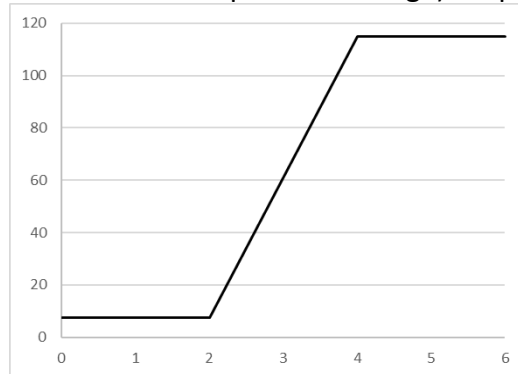
Les débits aux principaux nœuds issus de ce modèle hydrologique (fourchette de valeurs correspondant aux 2 types de CN considérés) sont présentés ci-après en comparaison des débits retenus issus de la modélisation hydraulique.

Il ressort de cette analyse des débits spécifiques de pointe relativement homogènes sur le bassin versant (compris entre 7 et 9 m³/s/km²). Sous réserve de la pluviométrie (avec des intensités réelles à priori plus importantes que celles fournies par Météo France), les débits de pointe des sous-bassins versants sont relativement constants pendant toute la durée intense (3 à 4 heures), ce qui a permis un cumul (pas tout à fait exact étant donné le transit dans l'hydrographie) des pointes de crues.

Débits injectés dans le modèle hydraulique

Les conditions limites amont de chacun des modèles correspondent à un hydrogramme d'entrée, injectant du débit dans le lit mineur.

Afin d'optimiser le temps de simulation et le temps de calcul, les hydrogrammes injectés dans les trois modèles ont été simplifiés à des hydrogrammes de 6 heures avec un plateau de 2 heures au débit de pointe (ce qui permet un temps largement suffisant à une stabilisation des emprises inondées et permettre que le débit de pointe soit atteint en aval du modèle avec un temps suffisant). La décrue (peu pertinente sur cette phase de calage) n'a pas été simulée.



Ex. d'hydrogramme injecté (débit en m³/s en fonction du temps en heures)

Trois types d'injections (toutes basées sur la même forme d'hydrogramme cf. ci-avant) ont été réalisées dans les modèles :

- **La condition limite amont** : le débit du Trapel à l'amont du système modélisé a été injecté grâce aux valeurs obtenues par le modèle hydrologique (ou ajusté via le modèle hydraulique pour correspondre aux observations).
- L'injection de débit dans les **affluents principaux** du Trapel, également déterminés par le modèle hydrologique. Cette injection a été réalisée dans leur lit mineur respectif.
- L'injection d'**apports intermédiaires** correspondant à l'eau ruisselée dans les sous-bassins versants des différents secteurs. Ces apports intermédiaires ont été injectés ponctuellement dans le lit mineur du Trapel, au niveau du centre de gravité du sous-bassin versant (débits de pointe basé sur les débits spécifiques du versant dans lequel s'inscrit le sous bassin-versant considéré).

Les débits injectés dans chaque modèle sont détaillés au chapitre suivant.

Conditions aux limites aval

Les conditions aux limites correspondent aux **forçages hydrodynamiques** imposés au modèle hydraulique.

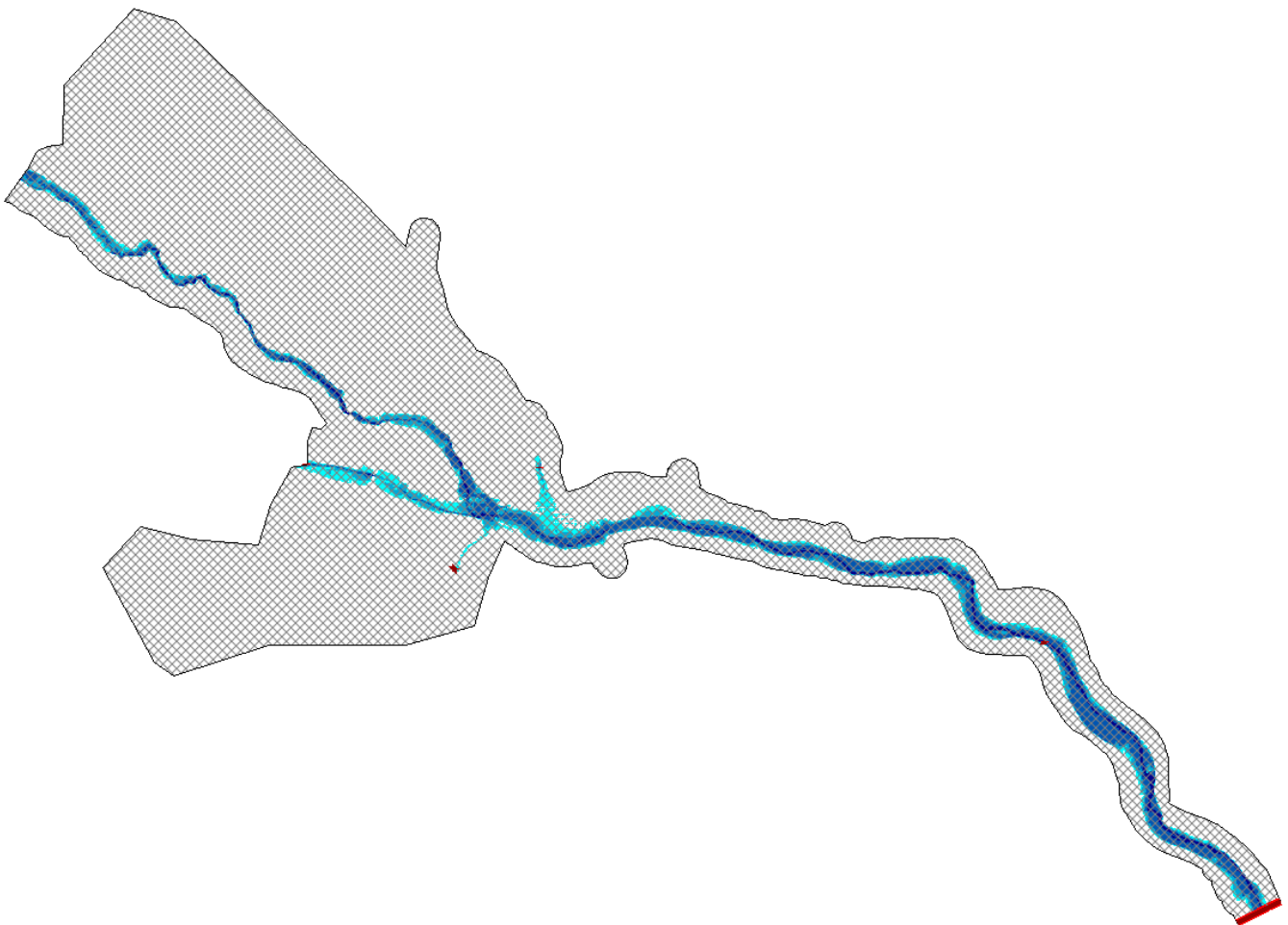
A l'aval des modèles est imposée, sur chaque maille formant la limite aval de chaque modèle, un calcul via une **hauteur normale basée sur la pente d'énergie**. Cette pente d'énergie est approximativement égale à la pente du terrain environnant.

Caractéristiques spécifiques des modèles

Aragon

Le secteur modélisé **d'Aragon** commence à l'amont du Trapel pour se terminer en amont de la confluence avec la Vallouvière, avant l'entrée dans Villegailhenc.

Les débits de pointe injectés dans le modèle de la crue de 2018 sont présentés sur le schéma suivant :

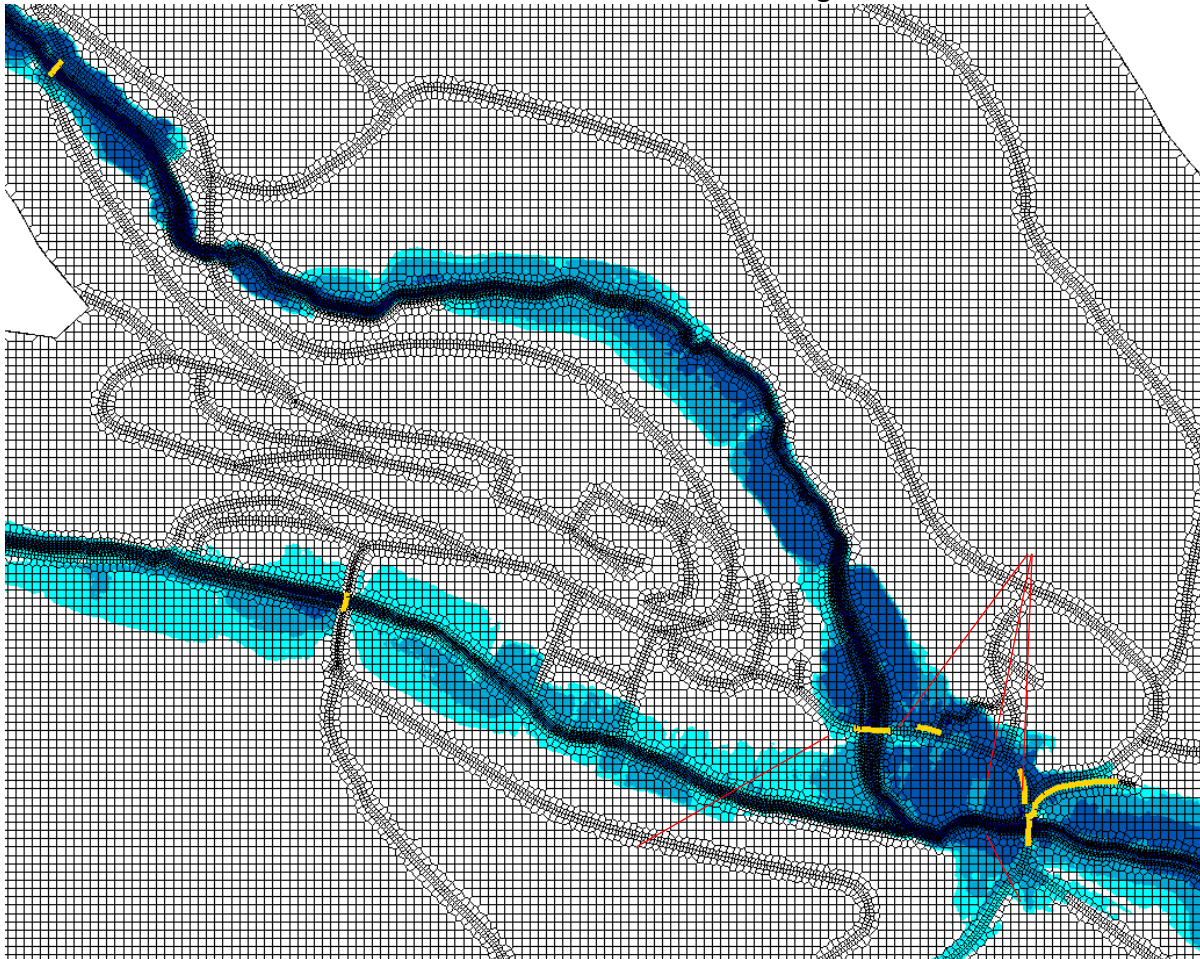


Injection des débits dans le modèle d'Aragon

** A noter que le débit de la Vallette a fortement été impacté par une retenue (à priori vide et d'environ 200 000 m³) présente en amont qui a laminé et fortement décalé l'hydrogramme. Le débit considéré dans ce modèle (25 m³/s) a par la suite été revu à la hausse dans un modèle spécifique de la Vallette (environ 40 m³/s) mais décalé par rapport à la pointe de crue du Trapel (non-concomitance pour respecter un débit d'environ 85 m³/s à la confluence).*

En ce qui concerne les singularités présentes sur ce secteur, il est à noter les éléments suivants :

- **4 ponts** modélisés (le pont de la RD203 sur le Trapel avec une ouverture très importante et ne conditionnant pas l'hydraulique n'a pas été modélisé)
- **3 murets** déterminants l'écoulement autour des ouvrages ou du bâti.

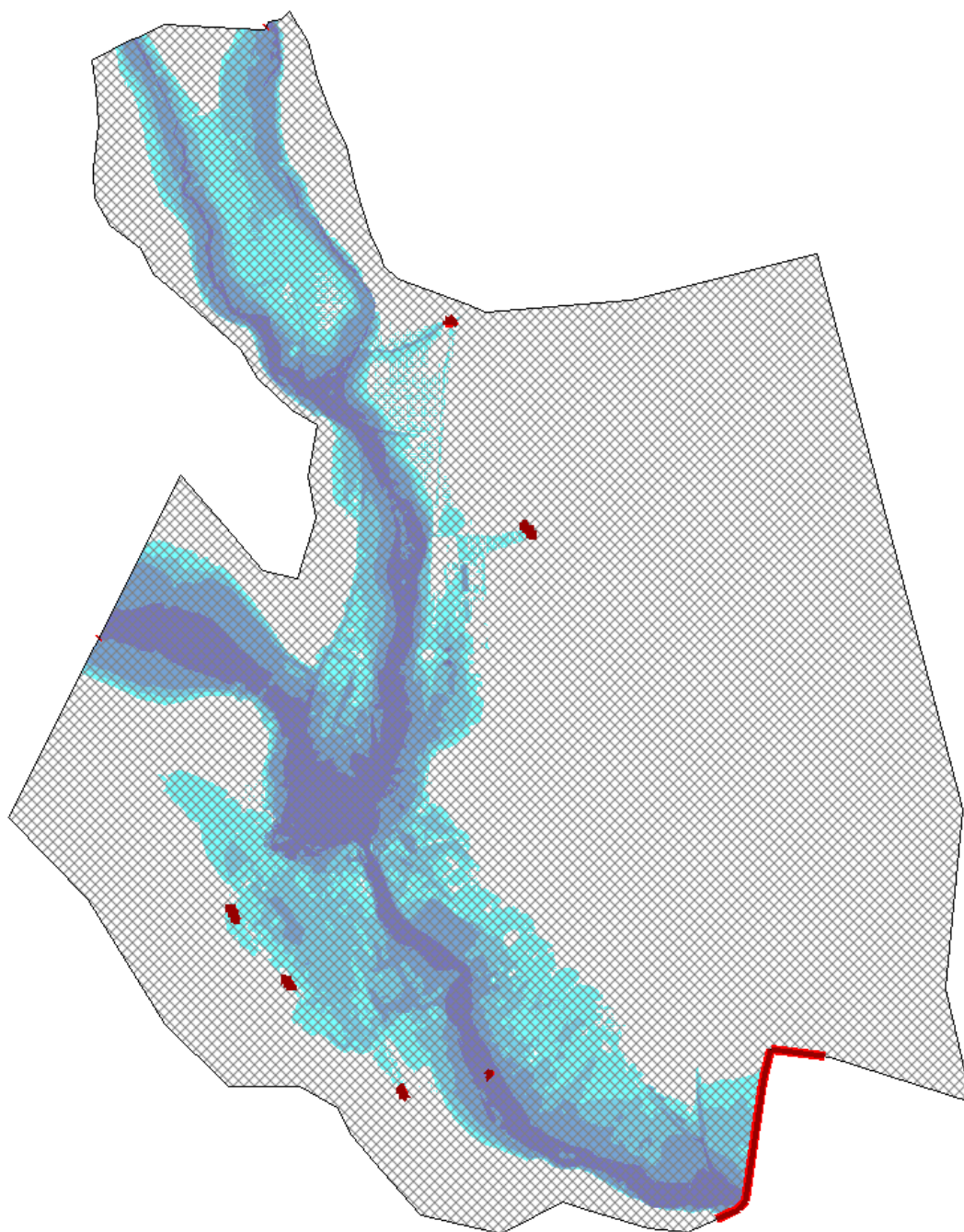


Singularités intégrées dans le modèle d'Aragon

Villegailhenc

Le secteur modélisé de **Villegailhenc** commence à l'amont de la confluence Trapel/Vallouvière pour se terminer à la limite communale avec Villemoustaussou.

Les débits de pointe injectés dans le modèle de la crue de 2018 sont présentés sur le schéma suivant :



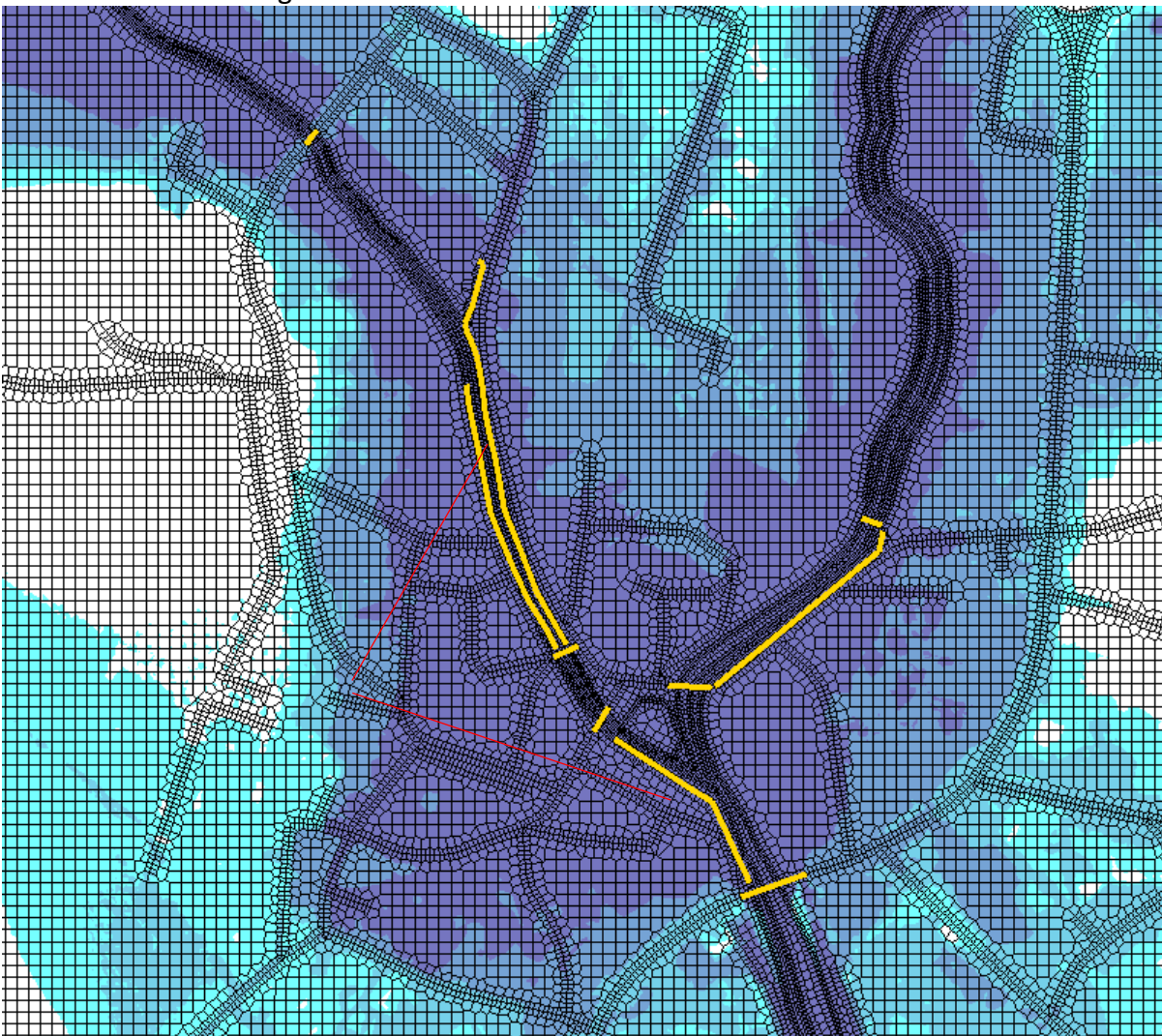
Injection des débits dans le modèle de Villegailhenc

NB : La répartition des débits Trapel / Vallouvières (y compris Cocalière) s'établit vraisemblablement plus autour des 140 à 150 m³/s sur chacun (ce qui ne change en rien les résultats, les lits majeurs étant largement confondus à l'entrée de Villegailhenc).

La pointe de crue du Merdeau semble se produire (environ 1h30, selon le modèle hydrologique) avant celle du Trapel, dans l'absolu les débits de pointe de ces cours d'eau ne se somment pas intégralement, le débit du Trapel en aval du Merdeau est vraisemblablement de l'ordre de 360 m³/s.

En ce qui concerne les singularités présentes sur ce secteur, il est à noter les éléments suivants sur le centre-bourg :

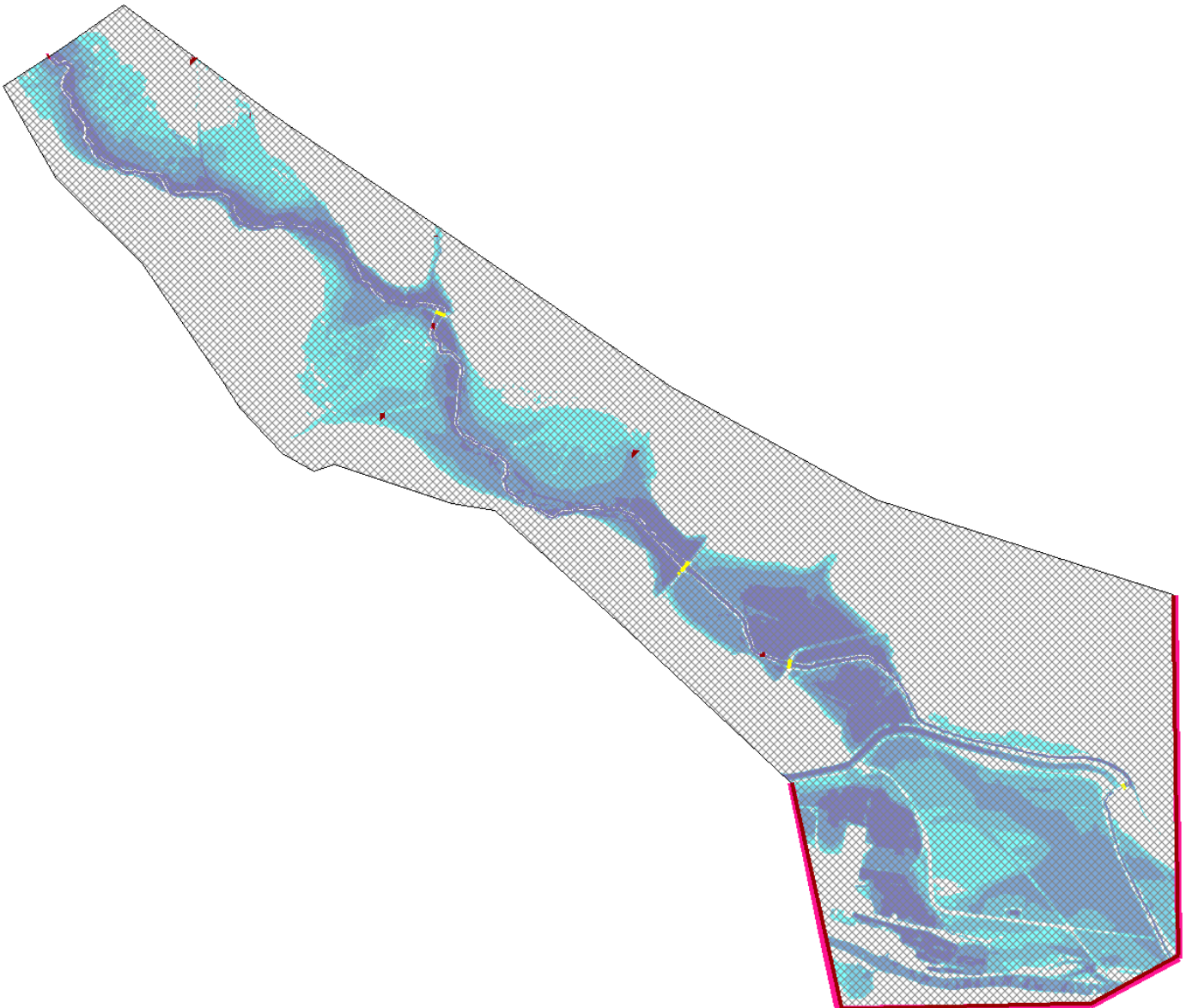
- **6 ponts** modélisés (RD35, RD118, ponceau amont RD35, passerelles sur le Merdeau et pont Rue du Raüs en amont du Merdeau)
- **Murets** :
 - Murettes du Merdeau
 - Murs en rive gauche en amont de la RD35



Singularités intégrées dans le modèle de Villegailhenc

Trapel Aval

Le secteur modélisé du **Trapel aval** débute de la limite communale aval de Villegailhenc jusqu'à la plaine de l'Aude. Les débits de pointe injectés dans le modèle de la crue de 2018 sont présentés sur le schéma suivant, ainsi que les ponts et ouvrages modélisés :



Injection des débits dans le modèle du Trapel aval

[Prise en compte du Fresquel sur la partie sud de la commune de Villemoustaussou](#)

Comme noté précédemment, le PPRi est également en cours de révision sur le bassin versant du Fresquel, avec des approches similaires que celles mises en œuvre sur le secteur du Trapel. La modélisation est menée à l'aide du logiciel Telemac 2D, en approche bidimensionnelle. Nous

renvoyons au rapport relatif à cette procédure pour le détail technique de l'élaboration du modèle couvrant la commune de Villemoustaussou.

Calage des modèles

Le calage du modèle se fait à la fois en procédant à l'ajustement des débits injectés et en modifiant les coefficients de rugosité (Manning) pour obtenir des hauteurs d'eau similaires à celles relevées sur les laisses de crue.

Les laisses de crue ont été répertoriées pour chaque secteur, et leur fiabilité évaluée. Lors de chaque simulation, la hauteur d'eau modélisée est confrontée à la hauteur d'eau mesurée par la laisse, et l'écart permet d'apporter des indications sur les modifications du modèle à réaliser (hydrogrammes d'entrée, rugosité des surfaces).

Au fil des simulations, certaines incohérences ponctuelles peuvent également être corrigées en ajoutant des structures (murets) ou des lignes de forces.

Ci-dessous un exemple de calage (Aragon) permettant de forcer l'écoulement à contourner les édifices : incrustation d'îlots bâtis à la rugosité infinie renforcée par une ligne de force, et introduction de certains murets qui ont joué un rôle dans la crue de 2018.

Un tableau, disponible en *Annexe*, répertorie les laisses de crue de chaque secteur et les écarts entre les niveaux d'eau modélisés et ceux observés. Par ailleurs, une cartographie de calage est disponible pour chacun des secteurs au droit des enjeux, dans les paragraphes suivants.

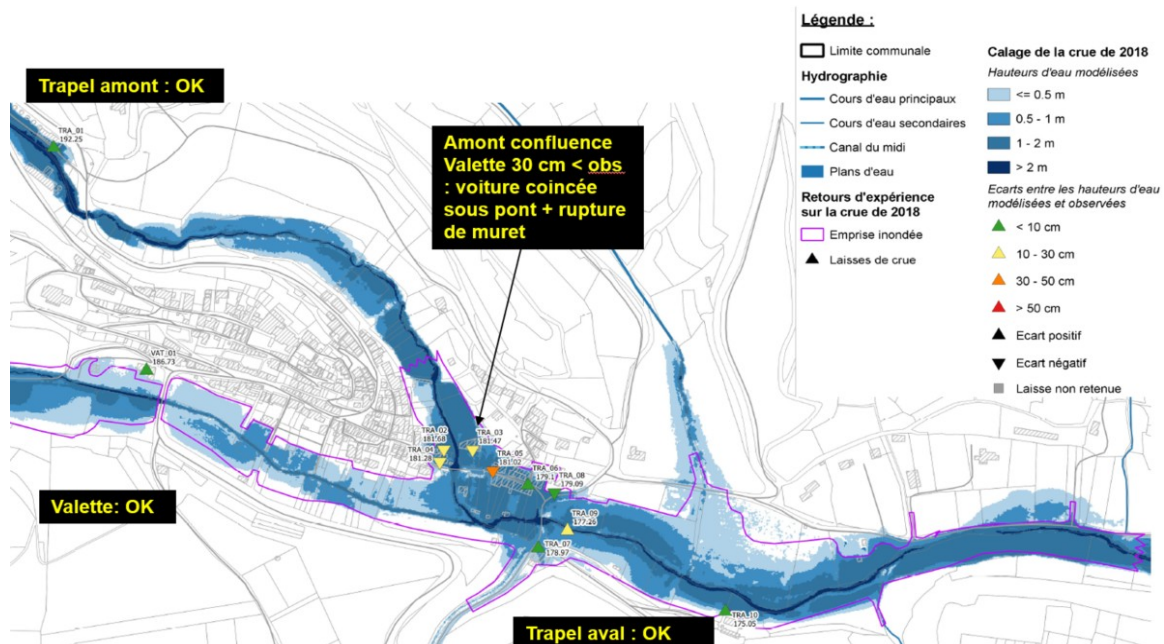
Le calage apparaît globalement satisfaisant avec un modèle globalement représentatif de l'évènement de 2018 avec une incertitude altimétrique de + ou - 30 cm (pour rappel écart moyen quadratique en altimétrie du LIDAR : 20 cm)

Des incertitudes ponctuelles du modèle accrues en lien avec l'occupation des sols (clôtures, murs au sein de zones urbanisées, vignes, ...) et des phénomènes singuliers (rupture de murs, de ponts, embâcles, ...) sont également à noter. Des phénomènes de ruissellement marqués, couplés aux débordements des cours d'eau ont également pu aggraver, localement, les débordements.

L'incertitude associée aux débits estimés par le calage est évaluée à $\pm 20\%$ (issus d'un test de sensibilité).

Calage secteur Aragon

Le calage sur le secteur d'Aragon est **globalement très satisfaisant** avec quelques particularités à noter sur le secteur confluence (embâcle sous pont et rupture d'un muret).



Calage secteur Villegailhenc

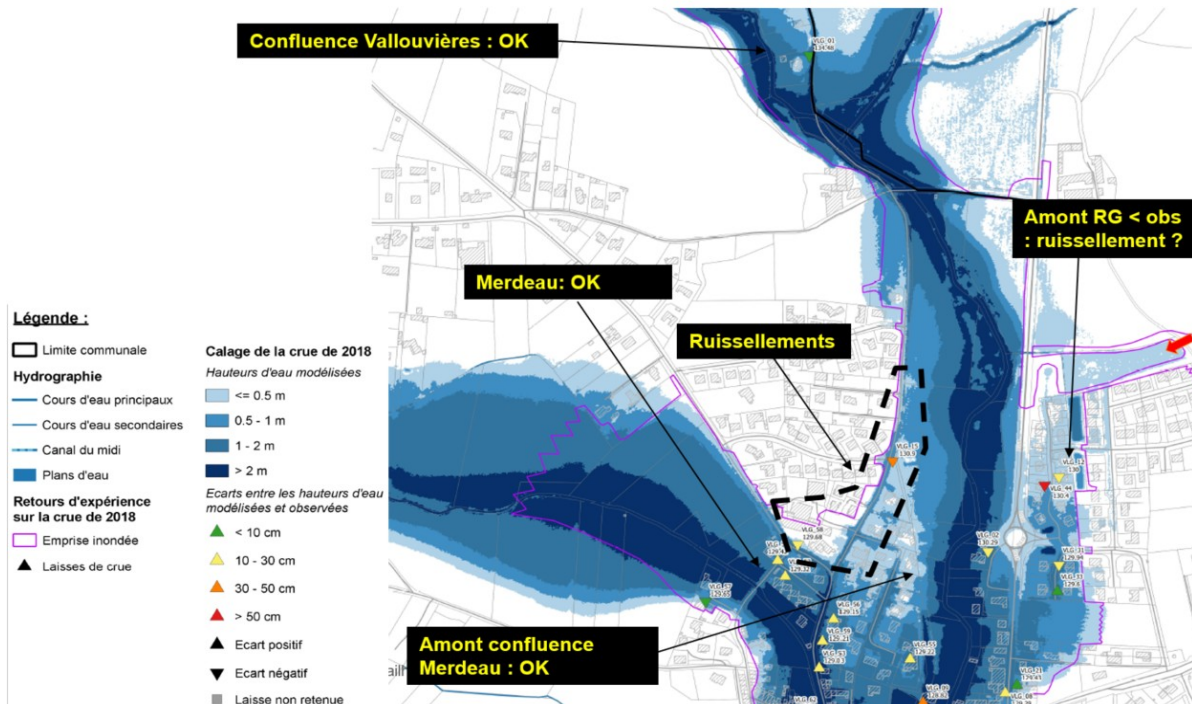
Sur la traversée de Villegailhenc, le modèle est **globalement correct** à l'exception de l'amont immédiat du pont de la RD118 où les cotes calculées sont environ 50 cm supérieures aux niveaux observés.

Ceci s'explique très vraisemblablement par la **rupture du pont de la RD118** au cours de la crue (vers 3h30 alors que la pointe de crue du Trapel se situe environ à 4h00 du matin) et qui a du provoqué un abaissement significatif de la ligne d'eau amont et, potentiellement, un effet de vague aval.

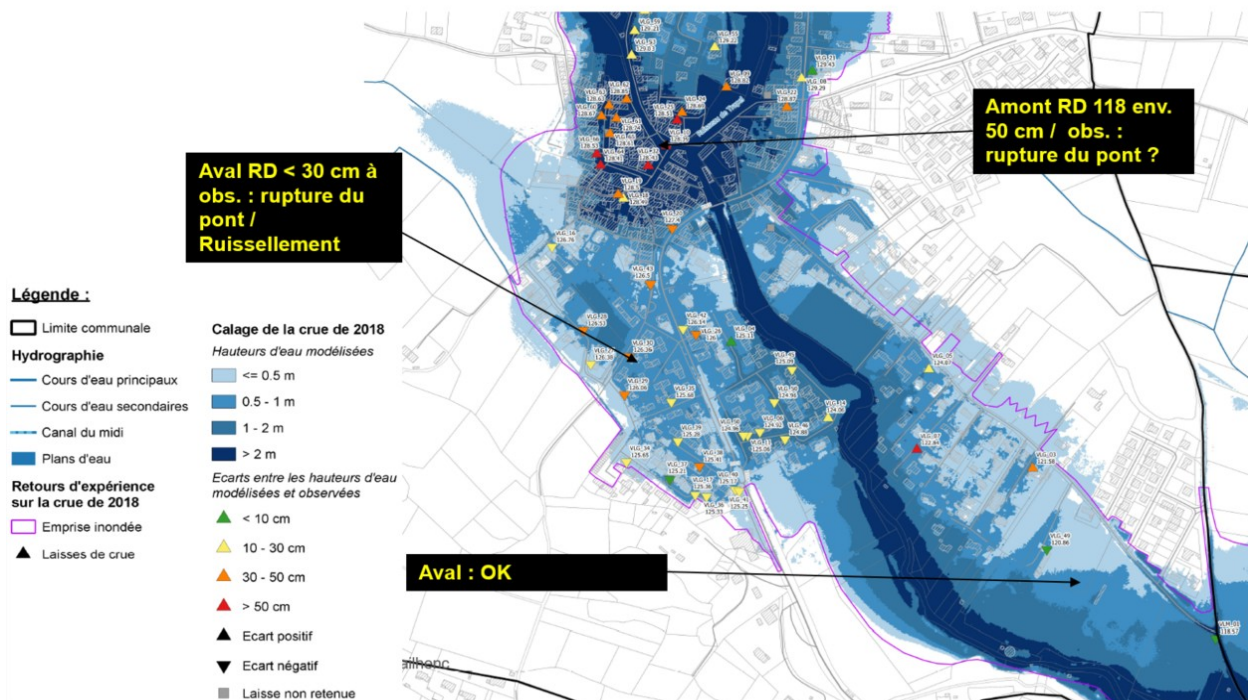
D'autres phénomènes sont également à relever qui pourraient expliquer les différences :

- Des **phénomènes de ruissellement** plus significatifs (cf. témoignages et retours de la mairie) que ceux pris en compte via la pluviométrie ;
- Un **décalage entre la pointe du Merdeau** et celle du Trapel ;
- Des **phénomènes d'embâcles ponctuels** (benne qui est venue obstruer les écoulements, voitures qui ont constitué des embâcles sur certaines ruelles, ...).

- **Amont Villegailhenc**



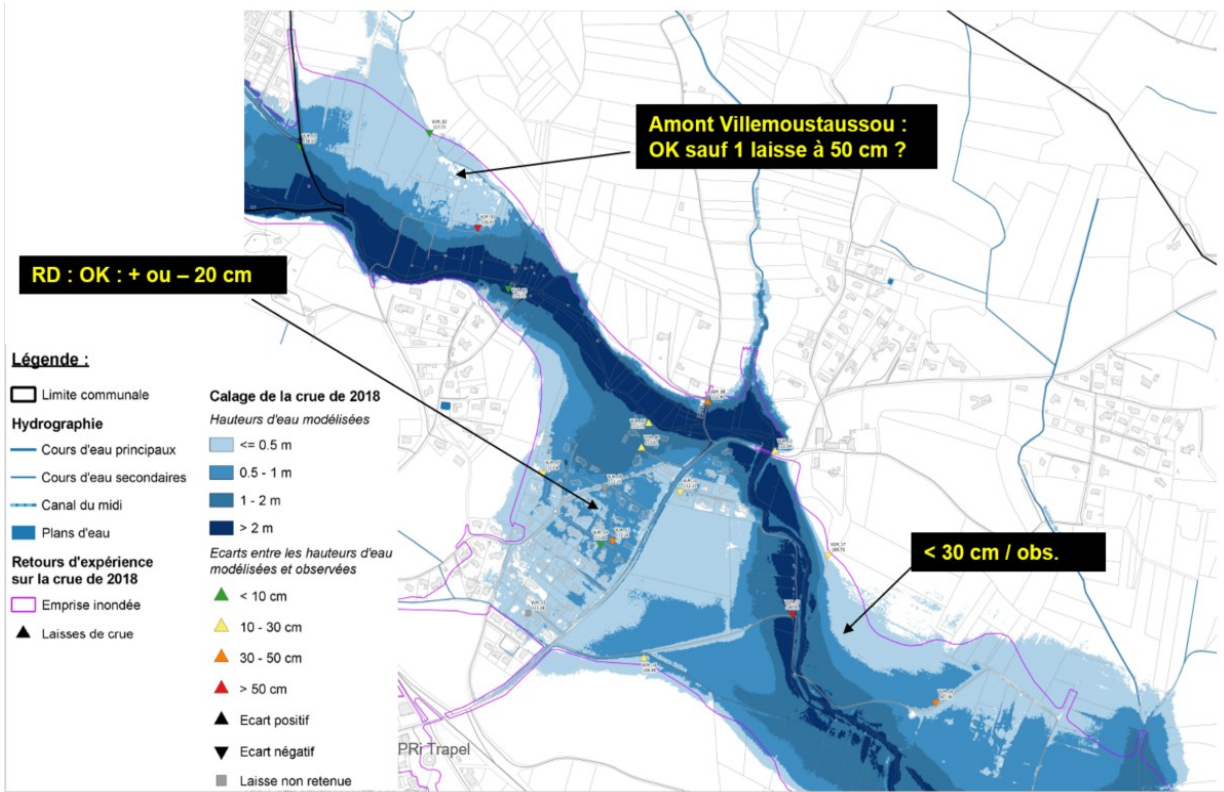
- Aval Villegailhenc**



Calage secteur Trapel aval

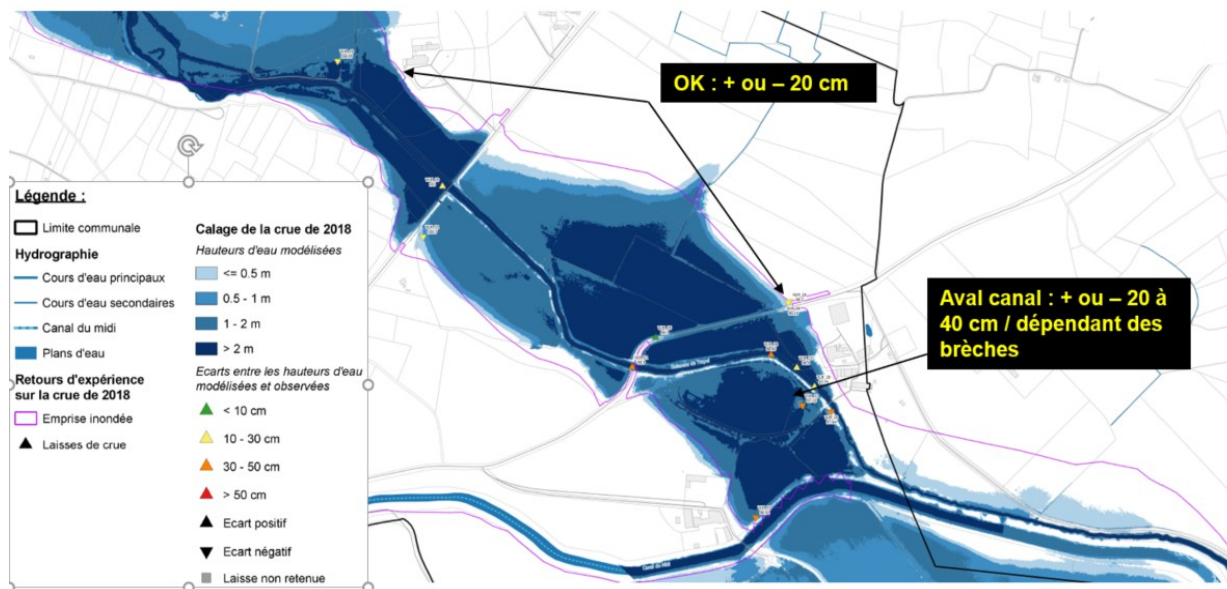
Sur le Trapel aval, le modèle est **globalement satisfaisant**.

- Villemoustaussou amont**



- **Villemoustaussou aval**

Dans la zone du canal, le rôle du Canal du Midi (vecteur hydraulique) ainsi que la formation de plusieurs brèches durant la crue rendent la représentation plus incertaine.



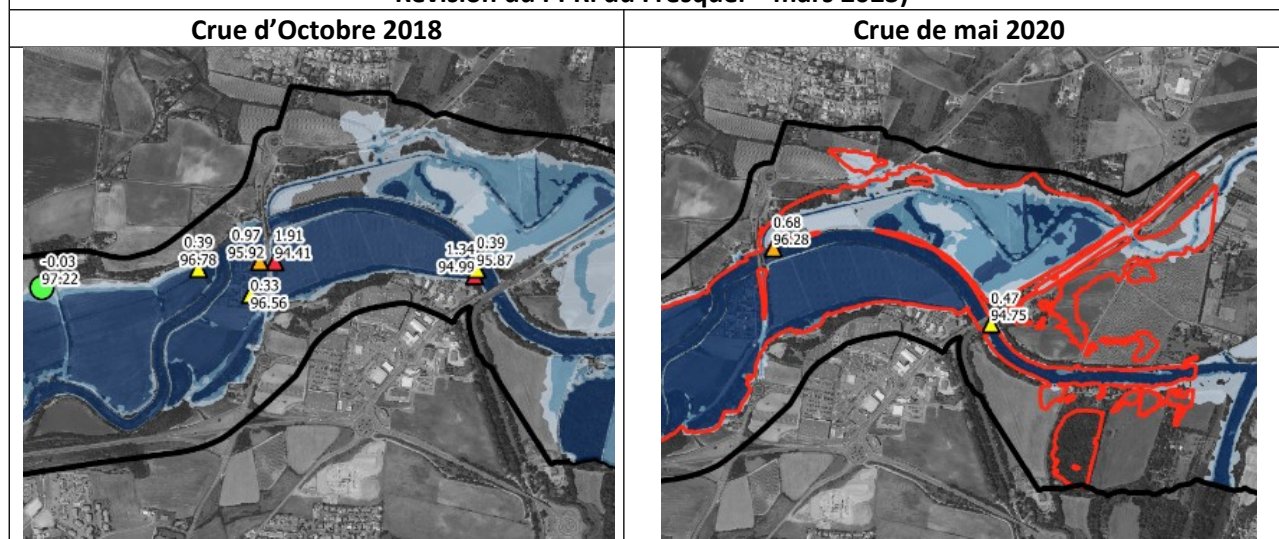
Les cartes de calage de la crue de 2018 sont jointes au présent rapport.

[Calage du modèle du Fresquel sur la commune de Villemoustaussou](#)

Le modèle, qui intègre le Fresquel ainsi que l'Aude en amont de la confluence pour une bonne prise en compte du remous que celle-ci peut imposer, à été calé sur la base des débits mesurés aux stations de Pézens (Fresquel) et de Pont Neuf (Aude), pour les événements d'octobre 2018 et mai 2020.

Les résultats du modèle ont été comparés à la fois aux laisses d'inondation disponibles pour ces événements et aux emprises inondables reconstituées post-crue par les services de l'Etat. Compte tenu des incertitudes importantes associées à la mesure de certains repères de crue, et de la bonne représentation des emprises inondées malgré des écarts qui localement peuvent sembler importants, le modèle a été considéré comme valide dans le secteur considéré.

Ecart entre les repères de crue et les résultats de la modélisation (extraits du rapport Artelia – Révision du PPRi du Fresquel – mars 2023)



5.3.f Analyse hydraulique des phénomènes de ruissellement

Cette analyse est présentée en deux parties :

- La première partie est une description de la **construction des modèles**. Elle permet d'exposer les hypothèses considérées, les caractéristiques de chaque secteur ainsi que les solutions techniques privilégiées dans l'élaboration de la géométrie des modèles et dans le choix des paramètres.
- La seconde partie propose une **comparaison des débits de pointe** et des **emprises inondées** avec les résultats issus des simulations par débordement de cours d'eau et expose les principaux facteurs pouvant expliquer les différences observées.

Organisation des modèles

Comme présenté sur la cartographie des typologies de modèles hydrauliques (*disponible au paragraphe 42*), le territoire a été divisé en plusieurs sous-modèles de ruissellement, ceci en vue d'optimiser les temps de calculs :

- Sur la commune d'Aragon, le modèle du lieu-dit le Font de l'Orme et celui du secteur Capitelle,
- Sur la commune de Villegailhenc, le modèle global du Trapel,
- Sur la commune de Villemoustaussou, le modèle du Trapel englobant toute la partie urbanisée et le modèle des ruisseaux de Revel et de Soulissa.

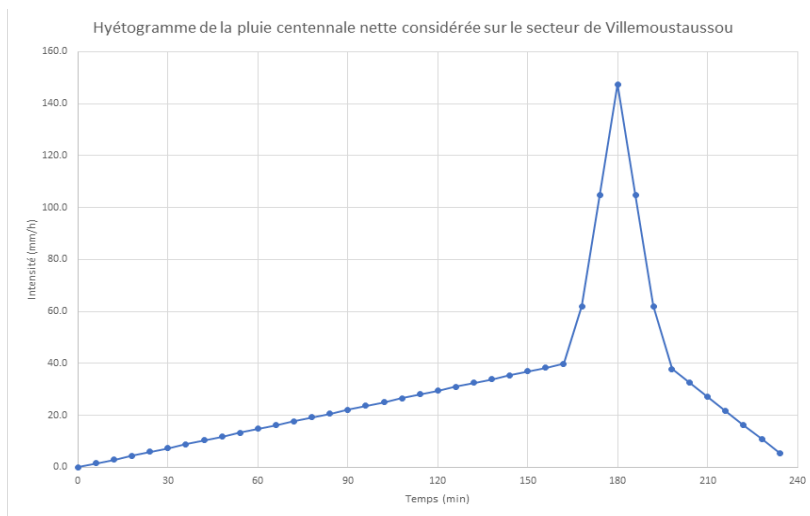
Hypothèses hydrologiques

Choix de la pluie de référence

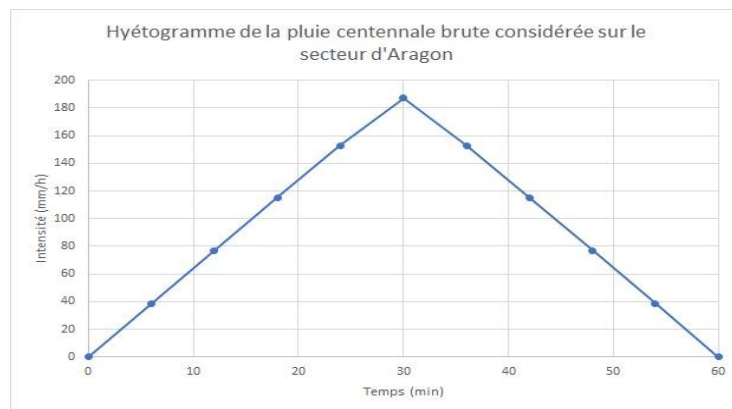
Conformément aux recommandations du Maître d'Ouvrage, un scénario de pluie de **période de retour 100 ans** a été considéré pour la modélisation des phénomènes de ruissellement. Le choix de

la forme du hyétogramme de pluie retenu résulte d'une analyse de sensibilité des modèles basée sur les résultats de l'application de deux formes de hyétogrammes :

- En premier lieu, un hyétogramme de type **double triangle** et de durée totale 1 heure avec une pluie intense sur 30 minutes a été appliqué,
- Dans un second temps, un hyétogramme de type **double triangle décentré**, de durée intense 30 minutes et de durée totale 4 heures a été considéré, ceci afin de se placer dans une situation pénalisante pour laquelle les sols sont saturés (remplissage des cuvettes topographiques) préalablement à l'arrivée de la pointe de précipitation.



Pluie brute 4 h durée intense 30 min



Pluie brute 1 h durée intense 30 min

Sur les petits bassins versants pentus, la forme du hyétogramme influe très peu sur les résultats du modèle (hauteurs, vitesses et débits).

Sur les bassins versants plus plats, une pluie de 4 h décentrée conduit à des valeurs de débits en aval un peu supérieures. Au regard de ces éléments, un hydrogramme de type double triangle décentré, de durée intense 30 minutes et de durée totale 4 heures a été appliqué dans les modèles de ruissellement.

Prise en compte de l'infiltration

La méthodologie audoise pour la caractérisation de l'aléa ruissellement préconise la prise en compte des **phénomènes d'infiltration** dans les modélisations.

Ceux-ci ont été intégrés dans les modèles via un **abattement de la pluie de référence**. Le coefficient d'abattement étant calculé à partir du coefficient de ruissellement moyen (cf. analyse hydrologique présentée au **chapitre 23**) de la zone étudiée.

Conditions aux limites aval

Les conditions aux limites correspondent aux **forçages hydrodynamiques** imposés au modèle hydraulique.

A l'aval des modèles est imposée, sur chaque maille formant la limite aval de chaque modèle, un calcul via une **hauteur normale basée sur la pente d'énergie**. Cette pente d'énergie est approximativement égale à la pente du terrain environnant.

Confrontation des résultats aux modélisations par débordement de cours d'eau

Contrairement aux simulations par débordement de cours d'eau, les résultats des modélisations du ruissellement ne peuvent être comparées à des données de calage de type laisses de crue.

De ce fait, il est proposé de confronter les résultats des simulations par ruissellement et par débordement de cours en termes de **débits de pointe** générés au droit des principaux cours d'eau mais également en termes d'**emprises inondées**.

Au regard des données disponibles, cette analyse a été menée sur les modèles du secteur Font de l'Orme à Aragon et du Trapel à Villemoustaussou.

Aragon – Secteur Font de l'Orme

Comparaison des débits de pointe centennaux

La comparaison des débits centennaux modélisés par ruissellement et par débordement de cours d'eau est la suivante :

Cours d'eau	Superficie du BV étudié (km ²)	Débits de pointe centennaux calculés via la méthode de l'Aude réactualisée		Modélisation 2D du ruissellement	
		Débit de pointe (m ³ /s)	Débit spécifique (m ³ /s/km ²)	Débit de pointe (m ³ /s)	Débit spécifique (m ³ /s/km ²)
Trapel	1.7	30	17.7	19.6	11.5
Combe Petite	0.8	14	17.4	11.6	15.0

Sur le secteur du Font de l'Orme, il apparaît que les ordres de grandeur des débits spécifiques calculés par la méthode de l'Aude et ruisselés via le modèle 2D sont cohérents (les débits issus du ruissellements 2D restent malgré tout légèrement inférieurs).

Villemoustaussou – Zone urbanisée

Comparaison des débits de pointe centennaux

La comparaison des débits centennaux modélisés par ruissellement et par débordement de cours d'eau est la suivante :

Cours d'eau	Superficie du BV étudié (km ²)	Modélisation par débordement de cours d'eau		Modélisation 2D du ruissellement	
		Débit de pointe (m ³ /s)	Débit spécifique (m ³ /s/km ²)	Débit de pointe (m ³ /s)	Débit spécifique (m ³ /s/km ²)
La Caune	2.7	38.0	14.3	34.5	12.7
La Pialo	1.0	18	18.0	7.4	7.4
L'Estève	1.1	21	19.1	6.9	6.3

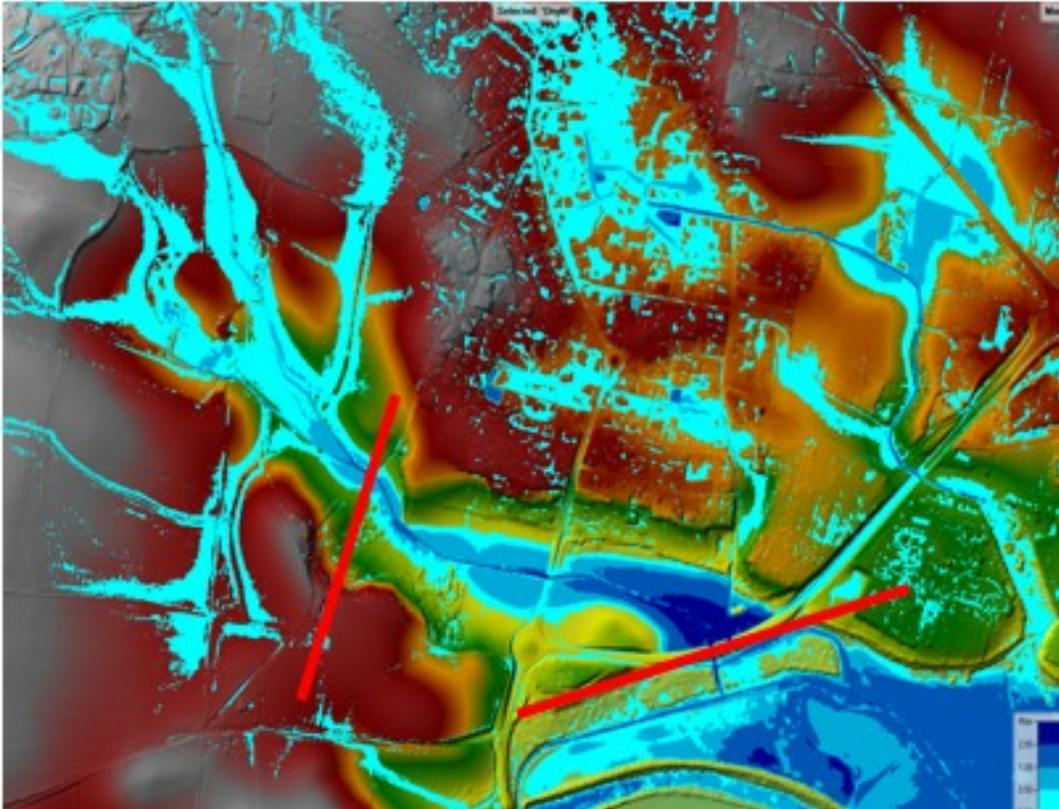
Sur le ruisseau de la Caune, l'écart entre les débits de pointe entre ces 2 méthodes est relativement faible.

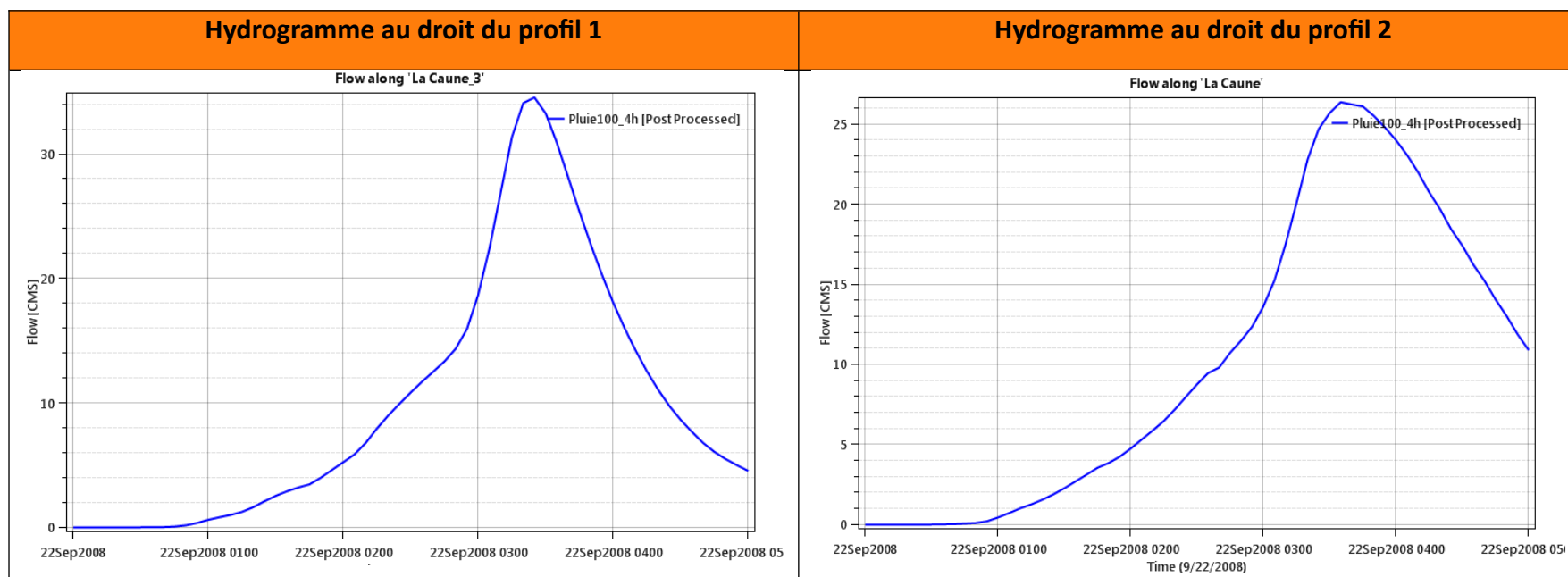
Sur les ruisseaux de la Pialo et de l'Estève, les écarts observés sur les débits de pointe sont très notables (débits de pointe ruisselés trois fois inférieurs aux débits de pointe de la méthode de l'Aude).

Ces écarts s'expliquent par la configuration et la topographie relativement plane du secteur qui favorisent les phénomènes de stagnations des eaux dans les points topographiques bas et où des phénomènes d'écroulements des débits sont observés en aval des milieux modélisés par ruissellement.

Ceci est particulièrement notable sur le ruisseau de la Caune où le débit en lit mineur passe de 34.5 m³/s au niveau de l'Avenue de Grazaillies (RD49) à 26.3 m³/s en amont de la RD249.

Les hydrogrammes modélisés au droit de ces **deux profils de contrôle** sont présentés en page suivante.



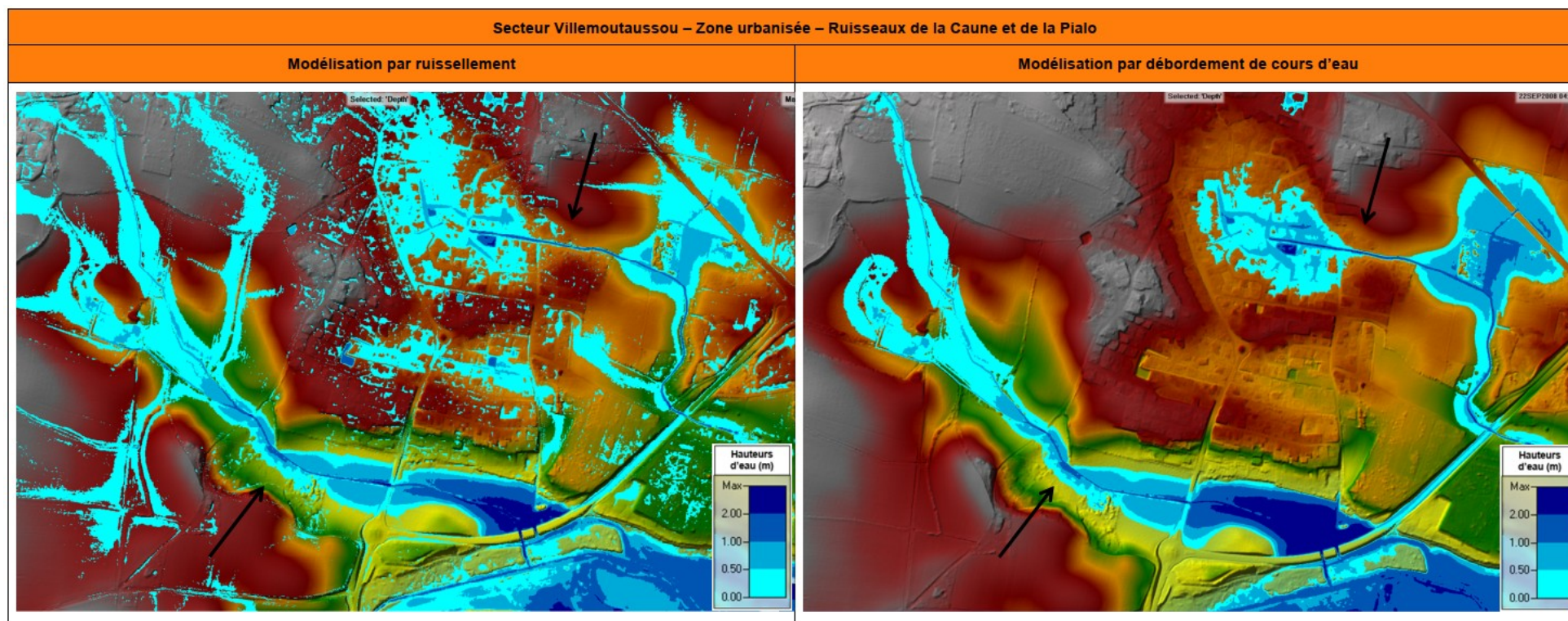


Hauteurs d'eau modélisées par ruissellement – Zoom sur l'aval du ruisseau de la Caune

En considérant le débit au droit du profil 1, la valeur obtenue par ruissellement est relativement proche de celle observée dans la modélisation par débordement de cours d'eau.

Comparaison des emprises inondées

La comparaison des emprises modélisées par ruissellement et par débordement de cours est présentée sur les extraits cartographiques suivants :



L'analyse de ces résultats soulignent la cohérence globale des emprises inondées sur les **ruisseaux de la Caune et de la Pialo**, bien que les hauteurs débordées dans le modèle de ruissellement soient plus faibles que celles modélisées par débordement de cours d'eau.

Sur le **ruisseau de l'Estève**, l'emprise inondée est globalement respectée entre les deux approches, mais les hauteurs de submersion sont plus faibles dans l'approche ruissellement.

Conclusion

La comparaison des approches de modélisation du ruissellement et du débordement de cours d'eau sur les secteurs d'Aragon et de Villemoustaussou conduit aux constats suivants :

- Pour les **bassins versants relativement pentus** où les écoulements sont naturellement dirigés vers les milieux récepteurs (sans cuvettes et zones de stagnation ou champs d'expansion, les débits de pointe obtenus par les deux approches sont parfaitement cohérents.
- Pour les **bassins versants présentant une topographie plus plane**, l'approche par ruissellement favorise le remplissage des cuvettes topographiques et l'écrêtement des débits sur les secteurs de replat. Les débits de pointe modélisés par ruissellement sont, de ce fait, plus faibles en aval (laminage des hydrogrammes significatif). Les **emprises inondées** sont globalement cohérentes entre les deux approches, même si les hauteurs d'eau modélisées par ruissellement restent légèrement plus faibles que celles obtenues par débordement de cours d'eau (car le débit de pointe est inférieur).

5.4 Approche hydrogéomorphologique (HGM)

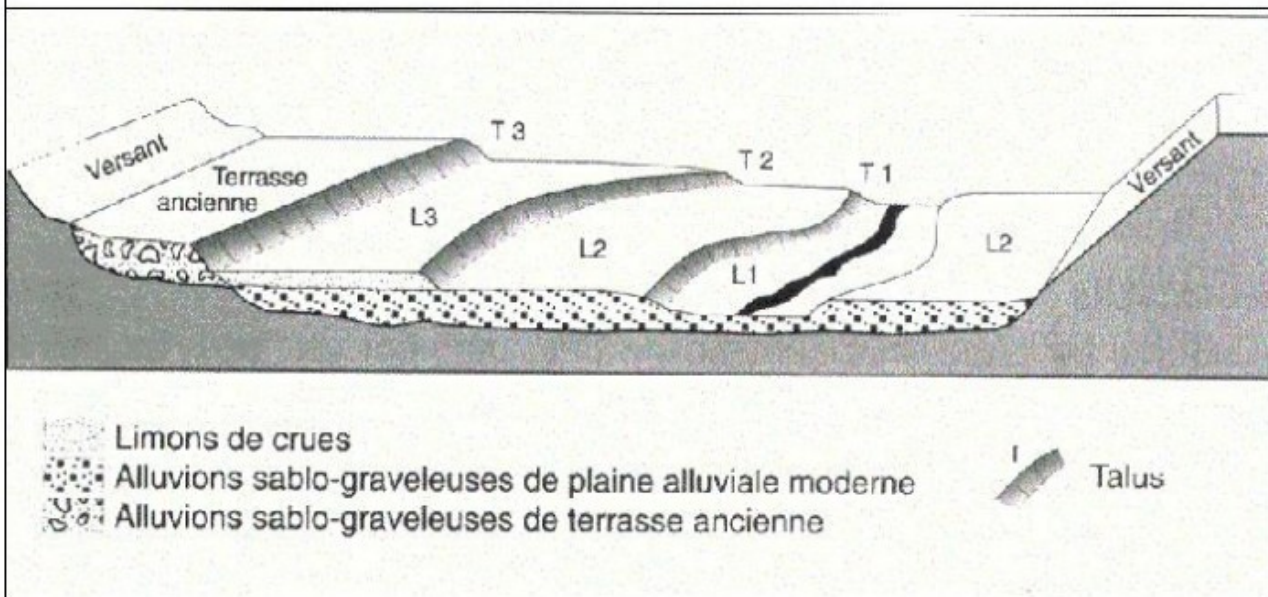
5.4.a Méthodologie générale

L'**hydrogéomorphologie** constitue une approche spécifique des phénomènes d'inondation, basée sur une interprétation simultanée du relief, de la nature constitutive des terrains et de l'occupation des sols.

Cette approche permet alors d'identifier les limites potentielles d'expansion des crues exceptionnelles au travers des **différentes composantes d'un cours d'eau** (ces limites conduiront ultérieurement à la notion de "zone inondables par hydro géomorphologique") :

- Le **lit mineur (L1)** qui est constitué par le lit ordinaire du cours d'eau, pour le débit d'étiage ou pour les crues fréquentes (crues annuelles T1),
- Le **lit moyen (L2)**, sous certains climats, on peut identifier un lit moyen. Pour les crues de période de retour 1 à 10 ans, l'inondation submerge les terres bordant la rivière et s'étend dans le lit moyen. Il correspond à l'espace alluvial ordinairement occupé par la ripisylve, sur lequel s'écoulent les crues moyennes (T2),
- Le **lit majeur (L3)** qui comprend les zones basses situées de part et d'autre du lit mineur, sur une distance qui va de quelques mètres à plusieurs kilomètres. Sa limite est celle des crues exceptionnelles (T3).

Figure 2. Coupe transversale d'une vallée mettant en relation la plaine alluviale, les terrasses anciennes et les versants



- | | | | |
|------|------------|------|--|
| L1 : | lit mineur | T1 : | limite des crues très fréquentes |
| L2 : | lit moyen | T2 : | limite du champ d'inondation des crues fréquentes |
| L3 : | lit majeur | T3 : | limite du champ d'inondation des crues exceptionnelles |

A titre indicatif, cette cartographie permet également de resituer, par rapport à ces mêmes limites, les grandes zones à enjeux que constituent les secteurs urbanisés. En d'autres termes, ce document fournit une vision d'ensemble et synthétique quant aux mécanismes de débordement en présence et quant aux emprises inondables induites.

Cette méthode s'appuie principalement sur deux volets :

- Une **photo-interprétation** (analyse stéréoscopique de photographies aériennes) visant à définir la position des différents talus et l'emprise des vallées potentiellement inondables,
- Une **étude de terrain** permettant une reconnaissance générale des caractéristiques morphologiques naturelles (terrasses alluviales, ...) et artificielles (endiguement, remblai, ...) des vallées et/ou tronçons d'étude.

5.4.b Détermination des emprises inondées par HGM

Sur le territoire, l'approche a été menée comme suit :

- En premier lieu, les données issues des **Atlas des Zones Inondables (AZI)** ont été exploitées,
- Sur les secteurs dépourvus de données, **l'approche par hydrogéomorphologie** a été appliquée,
- Enfin, sur les petits bassins versants pour lesquels la distinction des lits mineur, moyen et majeur était délicate, une **modélisation d'une crue exceptionnelle** (type crue millénaire) a été réalisée afin d'accéder aux emprises inondables.

Les secteurs étudiés via ces différentes approches sont localisés sur la cartographie en page suivante.

Etude relative à la révision des PPRi du bassin versant du Trapel

Secteurs étudiés par hydrogéomorphologie

Légende :

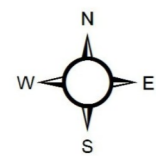
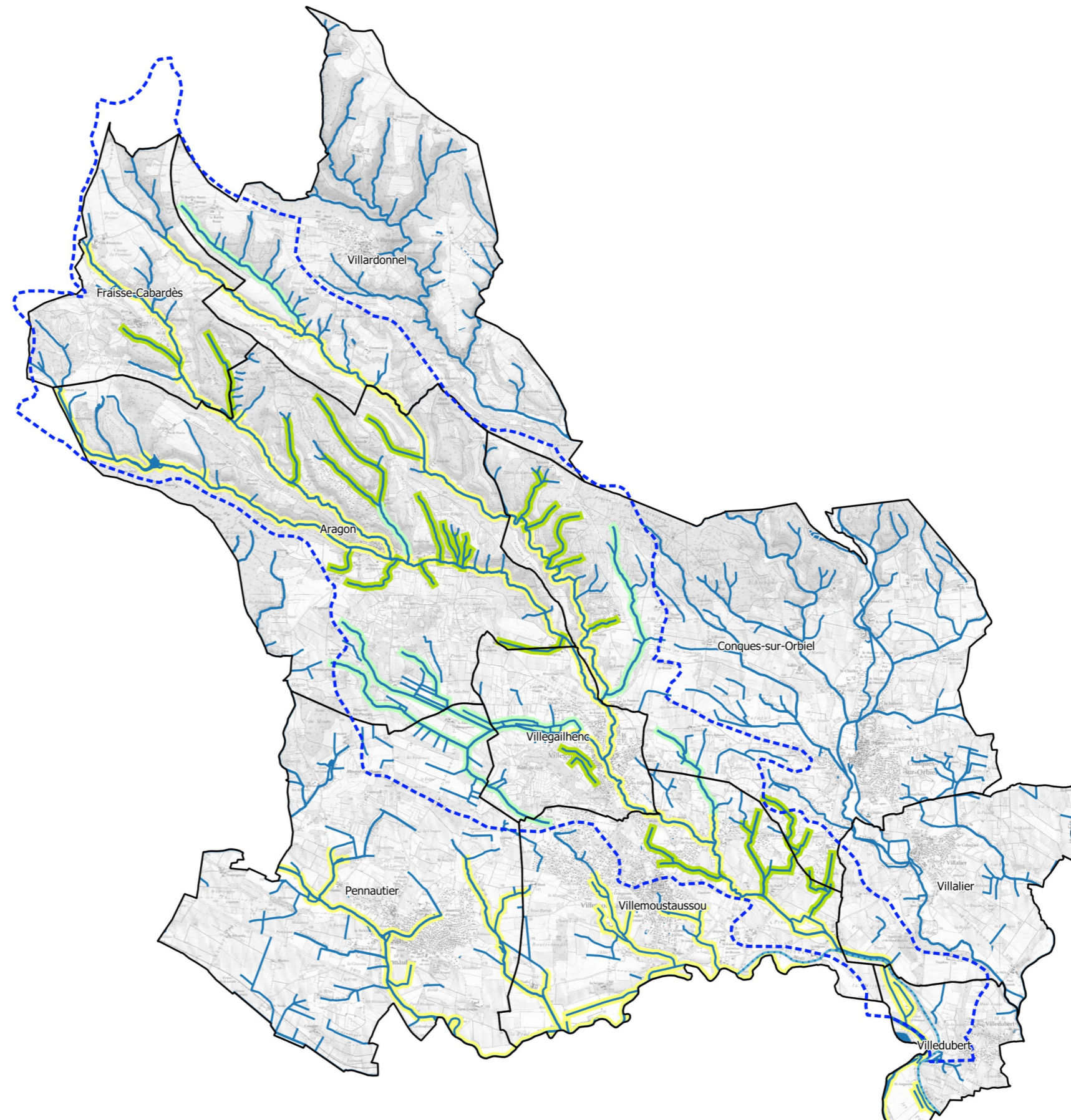
- Limites communales
- Bassin versant du Trapel

Hydrographie

- Plans d'eau
- Cours d'eau principaux
- Cours d'eau secondaires
- Canal du midi

Approche hydrogéomorphologique

- Exploitation des données de l'AZI
- Analyse HGM
- Modélisation crue exceptionnelle (type Q1000)



1:60,000

5.5 Connaissance du risque

5.5.a Définition des aléas

Les résultats des modélisations hydrauliques ont été cartographiés, en caractérisant les zones les plus dangereuses selon des critères de **hauteurs d'eau, de vitesses d'écoulement et de rapidité**.

La zone inondable est ensuite divisée en zonages correspondant à un **aléa faible, modéré, fort, ou très fort**. Cette qualification de l'aléa est notamment inspirée de la capacité de déplacement en zone inondée, telle qu'illustrée par le schéma ci-après.

Les paramètres et la hiérarchisation des aléas retenus

L'évènement de référence retenu pour chaque cours d'eau est précisé dans le tableau de synthèse de l'analyse hydrologique.

Toujours d'après cette analyse hydrologique, les temps de concentration estimés sur chaque sous-bassin versant sont nettement inférieurs à 12h, ce qui témoigne de phénomènes de **crues rapides** sur le bassin versant du Trapel.

De ce fait, la hiérarchisation des aléas s'établit sur les paramètres de **hauteurs d'eau** et de **vitesses d'écoulement**.

Aléas par débordement de cours d'eau

Pour les phénomènes de débordements de cours d'eau, la définition du niveau d'aléa est le suivant :

Hauteur d'eau	< 0,50 m	≥ 0,50 m
Vitesse d'écoulement		
< 0,50 m/s	Aléa modéré	Aléa fort
≥ 0,50 m/s	Aléa fort	Aléa fort

Il est en effet estimé que dès l'association d'une vitesse d'écoulement importante à une hauteur de 50 cm, il devient difficile de tenir debout et de résister au courant.

Compte tenu des objectifs mêmes liés à la qualification de l'aléa, qui sont d'ordre réglementaire et exprimés au travers du « zonage réglementaire », les **zones d'aléas fort et modéré** ne sont retranscrites qu'au sein des zones à enjeux que constituent les zones d'urbanisation.

En dehors de ces zones, les secteurs submersibles sont le plus souvent dépourvus d'enjeux, excepté des enjeux isolés, et correspondent aux champs d'expansion des crues qu'il convient de préserver. Ils correspondent à la zone inondable déterminée par la **méthode hydrogéomorphologique**.

L'emprise délimitée via cette méthode a tout de même été conservée dans la zone urbanisée afin de s'assurer de toujours retranscrire l'extension potentielle maximale des phénomènes débordants.

Aléas par ruissellement

		Ruissellement		
		< 0,1 m	$0,1 \leq h < 0,5$ m	$\geq 0,5$ m
Vitesse d'écoulement	Hauteur d'eau			
	< 0,5 m/s	Aléa faible	Aléa modéré	Aléa fort
$\geq 0,5$ m/s	Aléa faible	Aléa fort	Aléa fort	

Pour les phénomènes de ruissellement, les niveaux d'aléas sont définis comme suit :

Pour ce type de phénomène, l'approche est différente en ce sens qu'il apparaît indispensable de dissocier le ruissellement dit « classique », à savoir quelques centimètres d'eau ruisselés sur le sol en cas de précipitations, d'un ruissellement plus dangereux pouvant nuire aux biens et aux personnes.

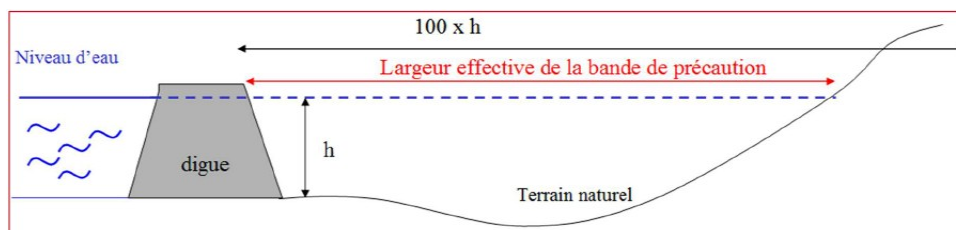
De ce fait, il a semblé pertinent d'introduire une sous-catégorie relative aux faibles hauteurs d'eau pour lesquelles **l'aléa a été qualifié de faible**.

Aléa lié à une rupture d'un système d'endiguement

Conformément au décret n°2019-715 du 5 juillet 2019, une bande de précaution intitulée « **Aléa très fort** » est institué derrière les systèmes d'endiguement classés.

Cette bande de précaution traduit le fait que, en cas du surverse ou de rupture du système d'endiguement, la zone située à l'arrière de la digue subit de très fortes vitesses d'écoulement engendrant un danger important.

Cette bande d'aléa très fort est égale à 100 fois la différence entre la hauteur d'eau maximale qui serait atteinte à l'amont de l'ouvrage et le terrain immédiatement derrière lui.



Définition de la bande de précaution derrière un système d'endiguement

Le Canal du Midi a été classé par secteur par arrêté préfectoral n° DDTM-SEMA-2021-0073 du 15 septembre 2021 (Villemoustaussou : bief n°44 de l'Evêque). Aussi, une bande d'aléa fort a été instituée en rive droite du Canal du Midi sur le secteur classé à Villemoustaussou.

Elaboration des cartographies d'aléas

Sur la base des éléments exposés ci-avant, les cartographies d'aléas ont été élaborées en suivant les étapes successives suivantes :

- Extraction de l'emprise inondée totale par ruissellement et par débordement de cours d'eau à partir des différents modèles hydrauliques construits,
- Sur les secteurs de modélisation par débordement, extraction de l'emprise de hauteur supérieure à 50 cm et / ou de vitesse supérieure à 0,5 m/s,
- Croisement et superposition des différentes couches puis affectation des zones d'aléas fort, modéré et faible,
- Enfin, juxtaposition des emprises inondables par hydrogéomorphologie.

Les cartographies d'aléas ont ensuite été élaborées à l'échelle communale, conformément aux recommandations nationales.

5.5.b Analyse des enjeux

Préambule

L'analyse et la connaissance des **enjeux** dans la zone d'étude du présent Plan de Prévention des Risques d'Inondation du bassin versant du Trapel est un préalable à l'établissement de la cartographie des risques. Ce **diagnostic territorial**, complété de la **cartographie des aléas**, est nécessaire pour identifier les enjeux dans les zones à risques et les actions à prévoir face au risque.

Le présent paragraphe est une présentation de la **méthodologie d'analyse des enjeux** mise en œuvre pour l'établissement des cartographies des enjeux du territoire d'étude. Il a pour objectif d'explicitier les notions d'enjeux considérées, les sources de données exploitées ainsi que leur traitement.

Il est à préciser que l'analyse a été conduite conformément aux guides méthodologiques nationaux disponibles, à savoir :

- Le guide méthodologique des Plans de Prévention des Risques Inondation établi par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et le Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement en 1999,
- Le guide méthodologique d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Littoraux réalisé sous la maîtrise d'ouvrage de la Direction Générale de la Prévention des Risques du MEDDE, en mai 2014, pour la partie enjeux,
- Le guide général sur les PPRN réalisé par le Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (MEEM) en 2016.

Méthodologie

Périmètre d'étude

D'une manière générale, la notion d'enjeux recouvre l'ensemble des personnes, des biens et des activités susceptibles d'être affectées ou endommagées par les aléas considérés au titre du Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRi).

Le périmètre de recueil des enjeux recouvre donc l'enveloppe globale de la zone exposée au risque inondation par débordement du Trapel et de ses affluents mais également au risque ruissellement, telle que définie par les différentes modélisations et par l'approche hydrogéomorphologique.

A noter que le recensement des bâtiments stratégiques pour la gestion de crise a été effectué sur un périmètre élargi, en vue d'identifier les infrastructures hors d'eau pouvant accueillir du public.

Méthode appliquée

Conformément aux recommandations nationales, l'analyse et la cartographie des enjeux se sont grandement appuyées sur les **données SIG** disponibles. L'examen des photographies aériennes récentes ainsi que des fonds de plans existants (Scan25, cadastre, BD TOPO) a été mené.

Plusieurs bases de données recueillies auprès de la DDTM de l'Aude ont également été exploitées :

- Base permanente des équipements et des entreprises,
- Couche des établissements publics et des équipements sensibles,
- Base de données des Installations Classées pour l'Environnement (ICPE) et des Industries classées SEVESO.

Ces informations ont été complétées par des **enquêtes de terrain** permettant de mieux appréhender et bien visualiser la vulnérabilité de chaque enjeu mais également par des **entretiens individuels menés en mairie auprès des acteurs locaux** disposant d'une bonne connaissance des risques et enjeux présents sur leur territoire.

Afin d'assurer son exhaustivité en situations actuelle et future, l'analyse doit également intégrer les **projets d'aménagement** envisagés sur le territoire. Ces projets peuvent en effet participer à l'aggravation voire à la production de l'aléa et nécessiter des prescriptions particulières. Les données issues des Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) disponibles ont ainsi été pleinement exploitées. Pour les communes non dotées de ces documents, les informations ont été recueillies directement auprès des acteurs locaux.

Enjeux considérés

Les enjeux considérés pour l'élaboration du présent projet de PPRi sont classés selon les 2 catégories suivantes :

- Les zones d'enjeu : zones urbanisées, zones susceptibles d'être urbanisées, zones d'activités, zone d'urbanisation continue (ZUC)
- Les autres enjeux : habitats isolés, établissements recevant du public (ERP) vulnérables et non vulnérables, établissements industriels et commerciaux, équipements d'intérêt général, voiries et réseaux importants.

Les zones d'enjeu

En premier lieu, une analyse visant à caractériser les différents types d'occupation des sols suivant des ensembles homogènes englobant des éléments topographiques de même nature a été menée.

Les enjeux distingués dans ce cadre sont les suivants :

- **Les zones urbanisées** correspondant aux espaces urbanisés tels qu'ils le sont sur le terrain aujourd'hui. Ils comprennent les centres urbains denses, le cœur historique de l'urbanisation, représentés par une continuité du bâti et une mixité des usages, ainsi que les zones d'urbanisation continues, présentant une continuité du bâti ainsi que d'éventuelles dents creuses et enclaves présentes au sein de l'enveloppe du tissu urbanisé. Elles sont identifiées en fonction de la réalité physique de l'occupation des sols et non des documents d'urbanisme.
- **Les zones susceptibles d'être urbanisées** correspondant aux espaces de développement futur : représentés par les projets communaux d'extension de l'urbanisation (source POS, PLU ou entretien avec la commune).
- **Les zones d'activités économiques** existantes.

- **La ZUC (Zone d'Urbanisation Continue)** : zone bâtie de manière continue à l'heure actuelle et certains secteurs en projet d'urbanisation à très court terme et équipés de réseaux.

Les autres enjeux

Dans un second temps, une analyse à une échelle plus fine a été réalisée afin de localiser les enjeux utiles pour la sécurité des personnes, la gestion de crise et la protection des biens.

Les établissements recevant du public

Les **établissements recevant du public** ont été localisés. Ces établissements englobent à la fois des **enjeux stratégiques pour la gestion de crise** (mairies, commissariats, casernes de pompiers...etc) mais également des **constructions susceptibles d'accueillir des personnes vulnérables** (écoles, crèches, centres de loisirs...etc).

Les équipements d'intérêt général

Les **équipements sensibles ou stratégiques** liés à l'eau (captages AEP, STEP, postes de refoulement...etc) et aux réseaux (transformateurs électriques, postes de télécommunication...etc) ont également été intégrés à l'analyse en raison des effets indésirables pour les populations liés à leurs dysfonctionnements.

Les établissements industriels et commerciaux

Les **établissements industriels** de type Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et les industries classées SEVESO ont été localisées en raison des risques potentiels liés à la protection de l'environnement.

Les **bâtiments commerciaux** potentiellement affectés ont également été identifiés en raison des risques liés à l'approvisionnement dont ils peuvent faire l'objet.

Les infrastructures de transport

Les **voies de circulation** susceptibles d'être coupées ou au contraire utilisables pour l'acheminement des secours ou l'évacuation des populations ont été digitalisées. Elles sont essentielles dans le cadre de la gestion de crise mais constituent également des enjeux topographiques significatifs en situation de crue (accélération des écoulements ou formation d'obstacles).

Les autres enjeux particuliers

L'analyse des enjeux se doit d'intégrer l'ensemble des populations exposées au risque. Dans ce cadre, les **bâtiments isolés** non compris dans la zone urbaine doivent également être identifiés. Cette typologie de bâtis permet en effet une meilleure identification des personnes à prévenir, voire à évacuer en cas de crise.

Synthèse des enjeux recensés sur le territoire d'étude

Enjeux surfaciques

En premier lieu, le recensement et l'analyse des surfaces d'enjeux menés sur le territoire d'étude ont permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- La commune de Villemoustaussou présente la superficie urbanisée la plus étendue (environ 300 ha), pour autant, seul 41% de cet espace est situé en zone inondable,
- La commune de Villegailhenc, en revanche, est dotée du taux de surface urbanisée en zone inondable le plus élevé : 75%.
- En termes de zones d'urbanisation futures, Villegailhenc constitue également la commune la plus sensible avec plus de 50% de zones à urbaniser situées en zone inondable,
- Les superficies impactées sont relativement similaires sur les communes de Villemoustaussou et Aragon.

Le tableau détaillé des zones d'enjeux sur le territoire d'étude est disponible en page suivante.

Commune		Zones d'enjeux								
Nom	Superficie (ha)	Zones urbanisées			Zones susceptibles d'être urbanisées			Zones d'activités		
		Superficie totale communale (ha)	Superficie en zone inondable (ha)	% en zone inondable	Superficie totale communale (ha)	Superficie en zone inondable (ha)	% en zone inondable	Superficie totale communale (ha)	Superficie en zone inondable (ha)	% en zone inondable
Aragon	2 136	48,5	22,4	46,1%	16,7	5,2	31,0%	0,0	0,0	0,0%
Villemoustaussou	1 263	297,4	121,6	40,9%	46,7	15,3	32,7%	7,8	4,7	60,0%
Villegailhenc	504	85,9	64,5	75,1%	43,7	22,5	51,5%	0,0	0,0	0,0%
Fraissé-Cabardès	740	8,3	0,0	0,0%	0,0	0,0	0,0%	0,0	0,0	0,0%
Total		440,2	440,2	47,3%	107,1	42,9	40,1%	7,8	4,7	60,0%

Synthèse des enjeux surfaciques recensés sur le territoire d'étude

Enjeux ponctuels et linéaires

Les autres enjeux, à savoir les enjeux ponctuels et linéaires, ont également fait l'objet d'une analyse spécifique conduisant aux constats suivants :

- La commune de Villemoustaussou concentre le plus grand nombre d'enjeux ponctuels en zone inondable avec notamment près de 1500 bâtiments individuels, 5 établissements recevant du public et 6 équipements d'intérêt général,
- En termes d'enjeux linéaires, plus de 7000 ml de voiries et réseaux de circulation importants sont situés en zone inondable sur la commune de Villemoustaussou,
- Le nombre d'enjeux bâtis est bien moindre sur la commune d'Aragon. A noter toutefois que 12 équipements d'intérêt général sont implantés en zone inondable, ce qui peut causer des difficultés d'exploitation.

Le tableau détaillé des enjeux ponctuels sur le territoire d'étude est disponible en page suivante.

Commune	Enjeux ponctuels en zone inondable (en nombre d'enjeux)								Enjeux linéaires en zone inondable (en ml)
	Etablissements recevant du public vulnérables	Etablissements recevant du public non vulnérables	Equipements d'intérêt général	Etablissements industriels et commerciaux	Cimetières	Bâtiments en zone urbanisée *	Habitat isolé	Zone refuge	Voiries et réseaux de circulation importants
Aragon	0	1	12	1	0	161	6	1	4 374
Villemoustaussou	4	1	6	0	1	1 468	5	2	7 222
Villegailhenc	3	3	4	1	1	1 043	0	1	4 350
Fraissé-Cabardès	0	0	1	0	0	0	0	0	135
Total	7	5	23	2	2	2 672	11	4	16 081

Synthèse des enjeux ponctuels recensés sur le territoire d'étude

* A noter que pour les bâtiments, il a été considéré les bâtiments situés en zone urbanisée de superficie supérieure à 30 m².

[Cartographies des enjeux](#)

Conformément aux recommandations nationales, les cartographies des enjeux sont restituées par commune à l'échelle 1/5 000, et selon un choix local sur fond de plan cadastral.

6 Traduction réglementaire du PPRI

6.1 Le principe des zonages et ses effets

La carte de zonage réglementaire est élaborée par croisement de la carte des aléas et de la carte des enjeux. Cette carte distingue les zones d'expansion de crue situées à l'extérieur de la zone d'Urbanisation Continue (ZUC), des zones actuellement urbanisées ou en cours d'urbanisation qui sont intégrées dans la **Zone d'Urbanisation Continue (ZUC)**.

Le zonage établit 6 zones différentes :

Zonage réglementaire	Zones d'Urbanisation Continue (ZUC)	Zones d'expansion des crues, hors ZUC
Aléa fort	Ri 1 : Inconstructible	Ri 3 : Inconstructible
Aléa modéré	Ri 2 : Constructible sous condition	Ri 3 : Inconstructible
Zone inondable par hydrogéomorphologie	Ri 4: Constructible sous conditions	Ri 3 : Inconstructible
Aléa faible ruissellement	Ri_ruis: Constructible sous condition	Ri_ruis: Constructible sous condition
Bande de protection à l'arrière d'une digue	Ri_d: Inconstructible	Ri_d: Inconstructible

- **les zones d'interdiction:**

- **Ri0** : secteurs ayant fait l'objet d'une procédure d'acquisition afin que les constructions existantes soient démolies. Vu le niveau d'exposition au risque inondation et la menace grave pour la vie humaine, la règle générale sur ces zones est l'inconstructibilité
- **Ri1** : secteurs situés dans la ZUC (Zone d'Urbanisation Continue) soumis à un aléa fort (niveau de submersion supérieur ou égal à 0,50 m et/ou vitesses d'écoulement supérieures ou égales à 0,50m/s)
- **Ri3** : secteurs situés en dehors de la ZUC et en zone inondable (aléa fort, aléa modéré ou emprise inondable par hydrogéomorphologie) excepté l'aléa faible ruissellement ;
- **Rid** : Secteurs situés dans une bande de précaution d'aléa très fort à l'arrière d'un système d'endiguement ou assimilé (risque de rupture ou de surverse de l'ouvrage)

- **les zones constructibles soumises à prescriptions:**

- **Ri 2** : secteurs situés dans la ZUC soumis à un aléa modéré débordement (niveau de submersion strictement inférieur à 0,50 m et vitesses d'écoulement strictement inférieures à 0,50m/s) ou soumis à un aléa modéré ruissellement (niveau d'eau ruis-

selé compris entre 0,10m et 0,50m pour une vitesse d'écoulement strictement inférieure à 0,50m/s).

- **Ri 4** : secteurs situés dans la ZUC et inondables pour un événement supérieur à l'événement de référence (lit majeur hydrogéomorphologique).
- **Ri_ruiss** : secteurs soumis à un aléa faible ruissellement (niveau d'eau ruisselé strictement inférieur à 0,10 m)

La carte du zonage réglementaire est jointe au présent dossier

Par corollaire et sur la base des études menées, les terrains non compris dans ces différentes zones, ne sont pas, **en l'état actuel des connaissances**, considérés comme inondables et ne sont donc soumis à aucune prescription particulière à ce titre.

Suite à la constitution des documents graphiques distinguant les zonages réglementaires, un règlement est produit.

6.2 Effets du PPR

Le **PPR approuvé** vaut servitude d'utilité publique (art L562-4 du code de l'environnement et art L126-1 du code de l'urbanisme). Il doit être annexé au document d'urbanisme conformément à l'article L126-1 du Code de l'Urbanisme et publié sur le Géoportail de l'Urbanisme.

Dès lors, le règlement du PPR est opposable à toute personne publique ou privée qui désire entreprendre des constructions, installations, travaux ou activités, sans préjudice des autres dispositions législatives ou réglementaires.

Au-delà, il appartient ensuite aux communes et aux Établissements Publics de Coopération Intercommunale compétents) de prendre en compte ses dispositions pour les intégrer dans leurs politiques d'aménagement du territoire.

Le règlement du PPR s'impose :

- aux projets, assimilés par l'article L 562-1 du code de l'environnement, aux "constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles " susceptibles d'être réalisés,
- aux mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques ou les particuliers,
- aux biens existants à la date de l'approbation du plan qui peuvent faire l'objet de mesures obligatoires relatives à leur utilisation ou aménagement.

Autres obligations qui découlent de l'approbation du PPR :

- PPR et Plan communal de sauvegarde (PCS) : en application de l'article R731-3 du code de l'Environnement relatif au plan communal de sauvegarde, la commune doit réaliser son PCS dans un délai de deux ans à compter de la date de la notification par le préfet du département ou le réviser en fonction de l'évolution des connaissances et du risque, si celle-ci en possède un.
- PPR et information acquéreur locataire (IAL) : dès lors qu'un PPR est prescrit ou approuvé l'information acquéreur locataire est obligatoire. Lors de toute transaction immobilière pour un bien bâti ou non bâti, le notaire, le propriétaire ou le bailleur doit informer son client des risques naturels concernant le bien. L'information sur les risques impactant le bien doit figurer dès l'annonce immobilière (décret n°2022-1289 du 1^{er} octobre 2022).

L'approbation d'un PPRN sur une commune la classe automatiquement dans la liste des communes exposées à un risque majeur (naturel ou technologique) et dans lesquels l'Etat et le maire sont soumis à des obligations d'information préventive en s'appuyant notamment sur le dossier départemental des risques majeurs (DDRM), les documents d'information communaux sur les risques majeurs (DICRIM), les repères de crues ...

6.3 Financement des mesures de protection

Pour les biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme et avant l'approbation du présent PPR, **le règlement du PPR impose des mesures obligatoires** visant à la réduction de la vulnérabilité des bâtiments existants et de leurs occupants. Ces travaux ouvrent droit à des subventions (voir le détail dans le support d'information relatif à la réduction de la vulnérabilité figurant en annexe).

6.4 Conséquences attachées au non-respect du PPR

6.4.a Sanctions pénales

L'article L 562-5 du code de l'environnement envisage deux types de situations susceptibles d'entraîner les sanctions prévues à l'article L 480-4 du code de l'urbanisme :

- le fait de construire ou d'aménager un terrain dans une zone interdite par un PPR approuvé ;
- le fait de ne pas respecter les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation prescrites par le PPR.

Le régime de ces infractions relève des dispositions du code de l'urbanisme.

6.4.b Sanctions assurantielles

A – Exception légale à la garantie catastrophe naturelle

Selon l'article L 125-6 du code des assurances, un assureur n'est pas tenu de garantir son assuré contre les effets des catastrophes naturelles s'agissant :

- des biens et activités situés sur des terrains classés inconstructibles par un PPR (sauf pour les biens et activités existants avant la publication du PPR);
- des biens construits et des activités exercées en violation des règles administratives en vigueur lors de leur implantation et tendant à prévenir les dommages causés par une catastrophe naturelle.

Les entreprises d'assurance ne peuvent toutefois se soustraire à cette obligation que lors de la conclusion initiale ou du renouvellement du contrat.

B – Dérogation exceptionnelle à la garantie catastrophes naturelles

En outre, la garantie obligatoire due par l'assureur peut, de façon exceptionnelle, sur décision du bureau central de tarification, excepter certains biens mentionnés au contrat d'assurance ou opérer des abattements différents de ceux fixés dans les clauses types lorsque plusieurs conditions sont réunies :

- les biens et activités doivent être situés sur des terrains couverts par un PPR;
- le propriétaire ou l'exploitant ne se conforme pas, dans un délai de cinq ans, aux mesures de prévention, de précaution et de sauvegarde explicitement prescrites par un PPR pour les biens existants à la date d'approbation du plan (article L 562-1-4 du code de l'environnement).

Le préfet ou le président de la caisse centrale de réassurance peuvent saisir ce bureau central de tarification lorsqu'ils estiment que les conditions dans lesquelles un bien (ou une activité) bénéficie de la garantie prévue de l'article L 125-1 du code des assurances leur paraissent injustifiées eu égard :

- au comportement de l'assuré,
- à l'absence de toute mesure de précaution de nature à réduire la vulnérabilité de ce bien ou de cette activité.

Dans ces deux derniers cas de figure, le bureau central de tarification applique à l'indemnité des abattements spéciaux pour tenir compte des manquements de l'assuré.

ANNEXES

I LEXIQUE DES SIGLES ET TERMES TECHNIQUES

Sigles :

A.E. : Autorité Environnementale

A.Z.I. : Atlas des Zones Inondables

D.D.R.M. : Dossier Départemental des Risques Majeurs

D.D.T.M. : Direction Départementale des Territoires et de la Mer

D.I. : Directive Inondation

D.I.C.R.I.M. : Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs

D.R.E.A.L. : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

E.D.D. (S.E.) Etude de danger (des systèmes d'endiguement)

E.P.C.I. : Etablissement Public de Coopération Intercommunale

F.P.R.N.M. : Fond de Prévention des Risques Naturels Majeurs

GEMAPI : Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations

I.A.L. : Information Acquéreur Locataire

P.C.S. : Plan Communal de Sauvegarde

P.A.C. : Porter A Connaissance

P.A.P.I. : Programmes d'Actions de Prévention des Inondations

P.E.R. : Plan d'Exposition aux Risques

P.G.R.I. : Plan de Gestion des Risques Inondations

P.L.U. : Plan Local d'Urbanisme

P.L.Ui : Plan Local d'Urbanisme intercommunal

P.O.S. : Plan d'Occupation des Sols

P.P.R. : Plan de Prévention des Risques

P.P.R.i : Plan de Prévention des Risques Inondation

S.D.A.G.E. : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

S.A.G.E. : Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'eau

S.C.O.T. : Schéma de Cohérence Territorial

S.L.G.R.I. : Schéma Local de Gestion du Risque Inondation

S.N.G.R.I : Stratégie Nationale de Gestion des Risques Inondation

S.R.A.D.D.E.T. : Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires

T.I.M. : Transmission de l'Information aux Maires

T.R.I : Territoire à Risques importants d'Inondation

Z.E.C. : Zone d'Expansion de Crue

Z.U.C. : Zone d'Urbanisation Continue

Termes techniques

Aléa : Phénomène naturel (ex. : mouvement de terrain, inondation, crue) d'une intensité donnée avec une probabilité d'occurrence/apparition.

Bassin de risque : Entité géographique homogène soumise à un même phénomène naturel.

Cartographie réglementaire des risques naturels : Volet essentiel de la politique de lutte contre les catastrophes naturelles visant à déterminer les zones exposées et à définir les mesures de prévention nécessaires.

Catastrophe naturelle : Phénomène ou conjonction de phénomènes dont les effets sont particulièrement dommageables.

Crue : Phénomène d'augmentation du débit d'un cours d'eau

Déclassement : Modification de zonage au titre du projet de PPR (aléas, réglementaire) avec une réduction localisée de son emprise et/ou de son intensité.

Désordres : Expression des effets directs et indirects d'un phénomène naturel sur l'intégrité et le fonctionnement des milieux.

Embâcle : Accumulation de matériaux transportés par les flots (végétation, rochers, véhicules automobiles, etc.) en amont d'un ouvrage, ou bloqués dans des parties resserrées d'une vallée (gorges étroites), gênant l'écoulement normal du cours d'eau.

Enjeux : Personnes, biens, activités, moyens, patrimoine, etc., susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel. Les enjeux s'apprécient aussi bien pour le présent que le futur.

Exutoire : Point le plus en aval d'un réseau hydrographique, où passent toutes les eaux de ruissellement drainées par le bassin.

Inondation : submersion temporaire, naturelle ou artificielle, d'un espace par de l'eau liquide,

Modélisation hydraulique : Méthode de simulation numérique des écoulements, prenant en compte un certain nombre de variables en entrée (topographie, occupation des sols, pluies et/ou débits, etc...), et permettant de représenter le phénomène étudié (ici l'écoulement dans les cours d'eau ou les ruissellements), sur la base d'équations physiques, résolues par ordinateur.

Mouvement de terrain : Phénomènes naturels tels que glissements de terrain, éboulements et chutes de blocs rocheux, coulées de boue, laves torrentielles, érosion, etc.

Phénomène naturel : Manifestation, spontanée ou non, d'un agent naturel.

Pluviomètre : Instrument servant à mesurer la quantité d'eau de pluie tombée dans un lieu donné en un laps de temps donné.

Prévention : Ensemble des dispositions visant à réduire les impacts d'un phénomène naturel : connaissance des aléas, réglementation de l'occupation des sols, mesures actives et passives de protection, information préventive, prévisions, alerte, plans de secours, etc.

Risque naturel : Pertes probables en vies humaines, en biens et en activités consécutives à la survenance d'un aléa naturel (risque = aléa X vulnérabilité).

Servitude réglementaire : Mesures d'interdiction, de limitation ou de prescription relatives aux constructions et ouvrages, définies dans certaines zones par un arrêté réglementaire.

Surclassement : modification de zonage au titre du projet de PPR (aléas, réglementaire) avec une augmentation localisée de son emprise et/ou de son intensité.

Talwegs (ou thalweg) : Zones en creux d'un terrain où peuvent s'écouler les eaux.

Vulnérabilité : Exprime au sens le plus large, le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les personnes, les biens et les activités. On peut distinguer la vulnérabilité économique et la vulnérabilité humaine.

Glossaire et variables hydrologiques

Abréviation	Unité	Définition
S	km ²	Superficie du sous-bassin versant
L	m	Plus long chemin hydraulique
P	%	Pente moyenne du bassin versant
I	%	Pente moyenne pondérée le long du plus long chemin hydraulique
V	m/s	Vitesse moyenne de transfert des eaux sur le sous-bassin versant
Tc_x	min	Temps de concentration du sous-bassin versant pour la période de retour x
Cr_x	-	Coefficient de ruissellement du sous-bassin versant pour la période de retour x
a_x	mm/h	Coefficient a de Montana pour la période de retour x dans la formule : $i_x = a_x * Tc_x^{-b_x}$
b_x	-	Coefficient b de Montana pour la période de retour x
Q_x	m ³ /s	Débit du sous-bassin versant pour la période de retour x

II PRINCIPAUX TEXTES DE RÉFÉRENCE

Code de l'Environnement, article L562-8

"Dans les parties submersibles des vallées et dans les autres zones inondables, les plans de prévention des risques naturels prévisibles définissent en tant que de besoin les interdictions et les prescriptions techniques à respecter afin d'assurer le libre écoulement des eaux et la conservation, la restauration ou l'extension des champs d'inondation".

Ou autres articles :

https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006074220/LEGISCTA000006159296/#LEGISCTA000006159296

Principales circulaires :

- **circulaire du 24 janvier 1994** des ministres de l'Intérieur, de l'Équipement et de l'Environnement relative à la prévention des inondations et à la gestion des zones inondables (JO du 10 avril 1994).
- **circulaire n°94-56 du 19 juillet 1994** du ministre de l'environnement relative à la relance de la cartographie réglementaire des risques naturels prévisibles.
- **circulaire du 24 avril 1996** relative aux dispositions applicables au bâti et aux ouvrages existants en zone inondable.
- **circulaire du 30 avril 2002** relative à la politique de l'État en matière de risques naturels prévisibles et de gestion des espaces situés derrière les digues de protection contre les inondations et les submersions marines.
- **circulaire du 21 janvier 2004** relative à la maîtrise de l'urbanisme et de l'adaptation des constructions en zone inondable
- **circulaire du 23 avril 2007** relative au financement par le fonds de prévention des risques naturels majeurs de certaines mesures de prévention (Fiche II-2 (6) : études et travaux de réduction de la vulnérabilité imposés par un PPRN)
- **circulaire du 3 juillet 2007** relative à la consultation des acteurs, la concertation avec la population et l'association des collectivités territoriales dans les PPRN.
- **L'instruction du gouvernement du 31 décembre 2015** relative à la prévention des inondations et aux mesures particulières pour l'arc méditerranéen face aux événements météorologiques extrêmes

III SUPPORT D'INFORMATION SUR LA RÉDUCTION DE LA VULNÉRABILITÉ

PRÉVENTION DU RISQUE INONDATION



Aide financière de l'État => subvention dans le cadre du « Fonds Barnier »

- pour les **biens à usage d'habitation** (ou mixte) :
80 % du montant des dépenses éligibles
pour un montant maximum de travaux de 45 000 € TTC
- pour les **biens utilisés dans le cadre d'activités professionnelles** (entreprises de moins de 20 salariés)
40 % du montant des dépenses éligibles
dans la limite de 10 % de la valeur du bien

Procédure de demande de subvention

- réaliser un diagnostic de réduction de la vulnérabilité de votre maison
- solliciter des devis auprès d'entreprises
- déposer une demande de subvention (*formulaire sur www.aude.gouv.fr*)
- attendre l'Accusé de Réception de votre demande
- réaliser les travaux
- envoyer les factures acquittées pour paiement de la subvention

CONTACTS

DDTM de l'Aude

Service Risques, Sécurité Routière et Construction (SRISC)

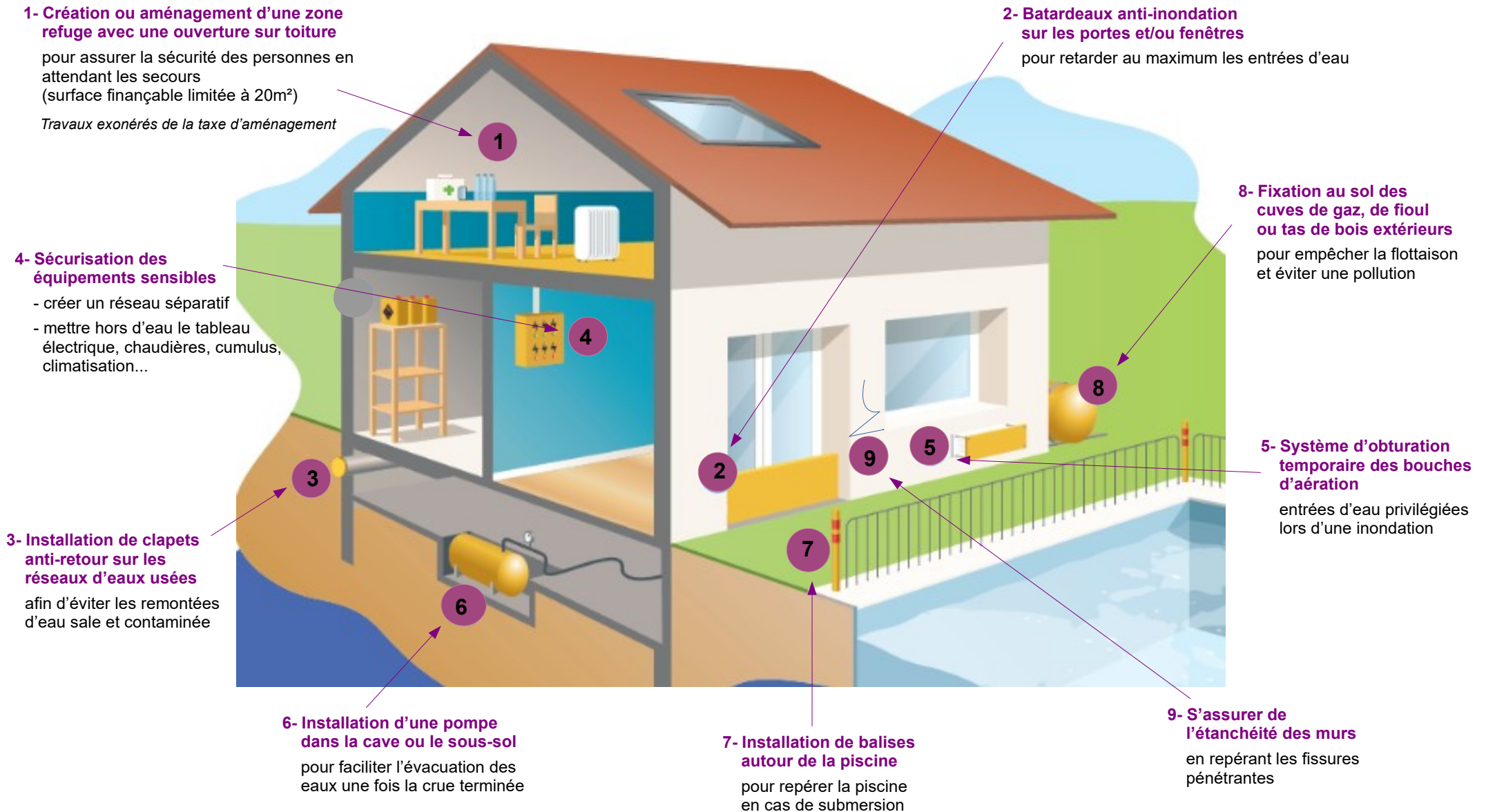
Mail : ddtm-barnier@aude.gouv.fr

Sans attendre l'approbation des PPR

***pour votre protection
et celle de vos biens
des solutions et des aides
financières existent***

TYPES DE TRAVAUX ET / OU AMÉNAGEMENTS SUBVENTIONNABLES

(arrêté du 23 septembre 2021 établissant la liste des types de travaux de réduction de la vulnérabilité aux inondations éligibles)



IV ANNEXES TECHNIQUES

Annexe IV-a : Tableau des pourcentages d'occupation des sols et des rétentions initiales par sous-bassin versant

Annexe IV-b : Calcul des temps de concentration des sous-bassins versants de superficie < 20 km² par la méthode de l'Aude

Annexe IV-c : Calcul des débits centennaux par la méthode de l'Aude pour les sous-bassins versants de superficie < 20 km² et comparaison aux valeurs existantes et connues

Annexe IV-d : Calcul des temps de concentration des sous-bassins versants de superficie > 20 km² par la méthode de l'Aude

Annexe IV-e : Calcul des débits centennaux par la méthode de l'Aude pour les sous-bassins versants de superficie > 20 km² par la méthode de l'Aude et comparaison aux valeurs existantes et connues

Annexe IV-f : Tableaux des laisses de crue pour l'évènement de 2018

Annexe IV-g : Fiches Plus Hautes Eaux (PHE) issues de la BD nationale