

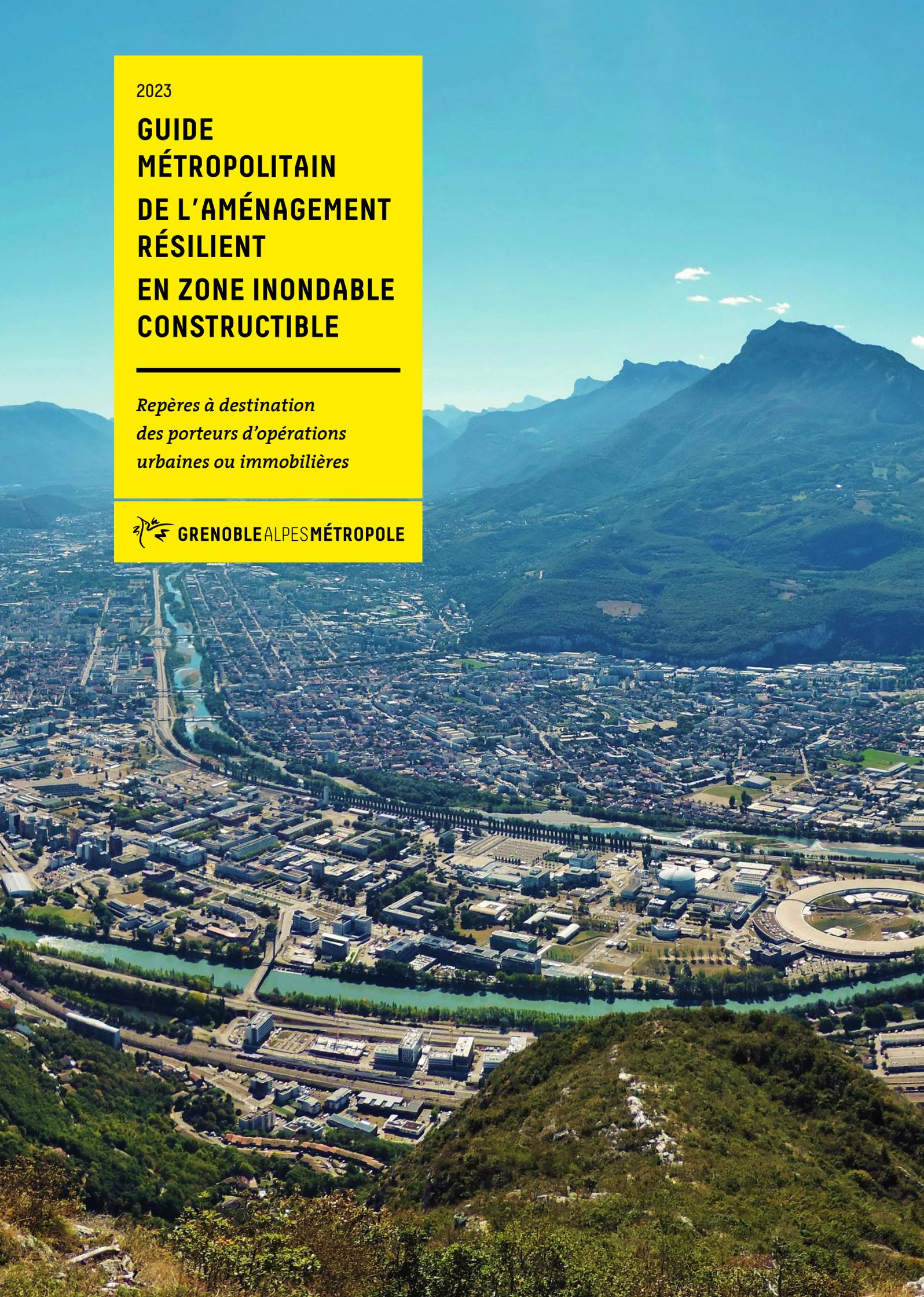
2023

**GUIDE  
MÉTROPOLITAIN  
DE L'AMÉNAGEMENT  
RÉSILIENT  
EN ZONE INONDABLE  
CONSTRUCTIBLE**

---

*Repères à destination  
des porteurs d'opérations  
urbaines ou immobilières*

 **GRENOBLE ALPES MÉTROPOLE**



Depuis 2017, Grenoble-Alpes Métropole est inscrite dans une stratégie Risques et Résilience qui se déploie à l'échelle du territoire au niveau de différentes politiques publiques allant du champ de l'aménagement, à celui de la préparation à la crise. En matière d'action préventive, la capacité à mieux connaître les risques, pour mieux les prendre en compte dans les projets et opérations d'aménagement constitue une nécessité pour notre territoire métropolitain multirisque, exposé entre autres aux inondations des grands cours d'eau alpins.

L'histoire montre que le territoire s'est développé dans les secteurs les moins exposés aux risques, sur des points hauts, à distance des grandes inondations, mais à proximité des torrents. Au fil des siècles et des années, les besoins associés à l'activité agricole puis urbaine, périurbaine et industrielle ont peu à peu colonisé les vallées inondables de l'Isère, du Drac et de la Romanche. Ce développement a été rendu possible par l'édification de linéaires d'endiguements conséquents sur la Métropole.

Depuis, ces ouvrages assurent la protection de notre territoire et sont le premier rempart face aux grandes inondations. Cependant et malgré des investissements réguliers et un suivi permanent, le risque zéro n'existe pas. La défaillance de ces protections reste un scénario peu probable, mais possible, qui nécessite l'adoption de Plans de Prévention des Risques Inondation (PPRi) pour que l'aménagement du territoire soit adapté à la connaissance du risque.

En terme stratégique, dans un contexte de changement climatique, la stratégie Risques et Résilience ne peut se réduire à la seule protection apportée par les digues et doit aussi favoriser l'adaptation des formes urbaines et des constructions en zones exposées constructibles. Cette stratégie de résilience métropolitaine, qui ne nie pas les risques et reconsidère la place de l'eau dans l'aménagement territorial, entend nourrir les politiques publiques, et doter les partenaires et opérateurs du développement territorial, de nouveaux corpus, outils et solutions tournés résolument vers l'adaptation aux risques.

Grenoble-Alpes Métropole s'est d'ores et déjà dotée de différents outils permettant l'adaptation du territoire aux risques. La prise en compte des risques en urbanisme a été permise grâce au PLUi avec la création d'une Orientation d'Aménagement et de Programmation (OAP) Risques et Résilience ou encore la constitution de 30 cartes des aléas avec zonage et règlement associés sur les communes ne disposant pas de PPR. Dans une perspective de gestion intégrée, la Métropole est également à l'origine de nouvelles approches en termes de connaissance des vulnérabilités, de préparation et d'anticipation des crises en appui des procédures communales et intercommunales.

Aujourd'hui et à la faveur de projets plus adaptés aux risques, la Métropole s'est associée au Cerema pour développer et co-construire avec les acteurs du territoire un guide de l'aménagement résilient au risque inondation en zones exposées constructibles. Ce guide doit permettre d'apporter des réponses techniques et stratégiques, mais aussi des exemples à tous les acteurs de la chaîne de l'aménagement : collectivités, aménageurs, promoteurs, architectes. Il met également en valeur des premières réalisations sur le territoire, avec des projets de logements, d'activités ou de grandes infrastructures adaptés aux risques d'inondation.

Le guide de l'aménagement résilient doit favoriser l'intégration du risque dans les projets et opérations d'aménagement. Ce document n'est pas un référentiel d'ingénierie sur la construction en zone à risques mais est davantage un guide pour mieux appréhender et inclure le risque dans la phase de développement des projets ou des opérations d'ensemble complexes. Il ne vaut que pour des projets situés en zones exposées constructibles au titre des Plans de Prévention des Risques d'inondation<sup>1</sup>. Il ne se substitue pas à la réglementation et ne peut donc être mobilisé pour des projets en zones non constructibles. Ce guide tente de répondre à l'essentiel des questionnements posés par un projet exposé en zone d'aléa constructible pour nourrir une stratégie de projet résilient, en précisant des principes fondamentaux, et en illustrant des solutions par de nombreux visuels et exemples concrets. Destiné aux porteurs de projets et collectivités, ce guide entend répondre aux questionnements subsistant à ce jour et faire le lien entre la réglementation sur les risques et ce type de projets qui est, par nature, complexe.

L'organisation du guide permet d'apporter des solutions suivant les différentes étapes du processus d'aménagement. Est d'abord abordée la méthode permettant d'identifier les règles «risques» applicables sur le territoire. Pour aller plus loin, une annexe donnant les clés de lecture des documents règlementaires risques du PLUi est intégrée. S'enchaînent ensuite des préconisations pour bien définir le programme, le plan masse et les bâtiments d'un projet en zone inondable. Enfin, ce guide traite de deux points qui demandent à ne pas être négligés dans une opération d'aménagement résilient : les réseaux et la culture du risque. Les acteurs impliqués sont identifiés phase par phase dans chaque partie du guide.

Grenoble-Alpes Métropole tient à remercier les personnes ayant permis la réalisation de ce guide dans une logique de co-construction avec les acteurs du territoire au travers de plusieurs ateliers de travail. En premier lieu, la Métropole souhaite remercier le Cerema qui a eu la charge de rédiger ce guide. L'aide précieuse de l'Agence d'Urbanisme de la Région Grenobloise (AURG) a permis de l'enrichir de leur expertise. Enfin, les différents échanges tout au long de la construction de ce guide avec différents promoteurs, architectes, bailleurs, collectivités locales, services déconcentrés de l'Etat, aménageurs, bureaux d'études, gestionnaires de réseaux et notaires ont permis d'arriver à une production répondant aux besoins de chaque acteur de la chaîne de l'aménagement.

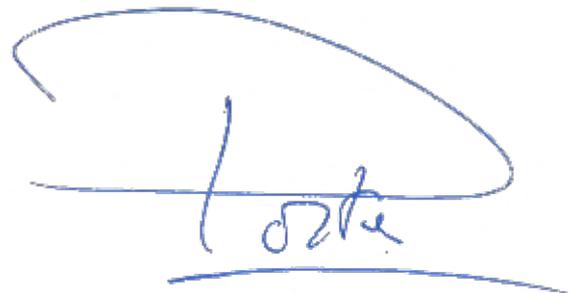
### **Ludovic BUSTOS**

Vice-président de Grenoble-Alpes Métropole chargé de la stratégie foncière, de l'urbanisme et du PLUi



### **Jean-Yves PORTA**

Conseiller métropolitain délégué aux risques naturels et technologiques



<sup>1</sup> Selon les cas où les configurations de projet, les prescriptions des PPRI, PPRn, et PLUi peuvent ne pas autoriser certains exemples et solutions présentés dans ce guide. Une vérification systématique est donc nécessaire afin de s'assurer de respecter la règle en vigueur pour un projet défini.

# La réduction de vulnérabilité, vers une obligation de résultat

La politique de gestion des risques d'inondation vise à augmenter la sécurité des personnes, réduire le montant des dommages et raccourcir le délai de retour à la normale des territoires sinistrés. Les trois objectifs de la gestion des risques d'inondation doivent se traduire concrètement par un aménagement durable, qui contribue à permettre de vivre avec les inondations.

La métropole de Grenoble s'est historiquement développée en zone inondable ; les enjeux vulnérables sont donc nombreux ; le défi est donc d'intervenir sur les quartiers et constructions dont nous avons l'héritage. A ce titre, la réglementation pour la prise en compte des risques en urbanisme évolue pour accompagner le renouvellement urbain. Les plans de prévention des risques sur certains secteurs de Grenoble-Alpes Métropole ont d'ores et déjà intégré la possibilité de réaliser des opérations en renouvellement urbain à condition qu'elles contribuent à réduire la vulnérabilité sur leur périmètre. Cette finalité de réduction de la vulnérabilité peut se traduire par cinq objectifs de résultat auxquels la conception de l'aménagement et du bâti doit apporter des réponses :



## **Le libre écoulement des eaux, sans entrave ni accélération, et la conservation, la restauration ou l'extension des champs d'inondation.**

La finalité est de ne pas aggraver l'inondation sur les secteurs situés en amont, en aval ou limitrophes du projet. Cela suppose de privilégier l'implantation des bâtiments en dehors de la zone inondable ou en dehors des zones où les écoulements seront les plus forts, d'assurer la « transparence » des niveaux inondables, et enfin de réussir à valoriser les espaces qui n'auront pas été bâtis.



## **La sécurité des personnes, en coordination avec la stratégie de gestion de crise du territoire (maintien dans le secteur inondé mais dans des lieux hors de danger, maintien de la fonctionnalité des réseaux, évacuation, accès des secours, etc.).**

La finalité est de ne pas exposer plus de personnes à des situations de mise en danger. Cela suppose de diminuer le nombre d'habitants et d'usagers dans la zone inondable ou dans les secteurs les plus exposés et a minima le nombre d'habitants dans les niveaux inondables.



## **La réduction des dommages sur les biens matériels et immatériels, ainsi qu'un retour rapide à une situation normale, en particulier en s'assurant de la disponibilité des réseaux.**

La finalité est de diminuer la valeur des biens dans la zone inondable ou a minima dans les niveaux inondables en déplaçant les biens à plus forte valeur hors d'eau. Cela suppose également de privilégier des destinations ou usages, des matériaux et des solutions constructives peu sensibles à l'eau ou facilement réparables.



## **L'absence de pollution ou de risques pour la santé en cas d'inondation.**

La finalité est d'éviter le sur-aléa par dispersion de produit toxique durant l'inondation ou après, à cause de l'humidité. Cela suppose de mettre hors d'eau les produits toxiques et de permettre la bonne ventilation des constructions ou le remplacement des matériaux immergés.

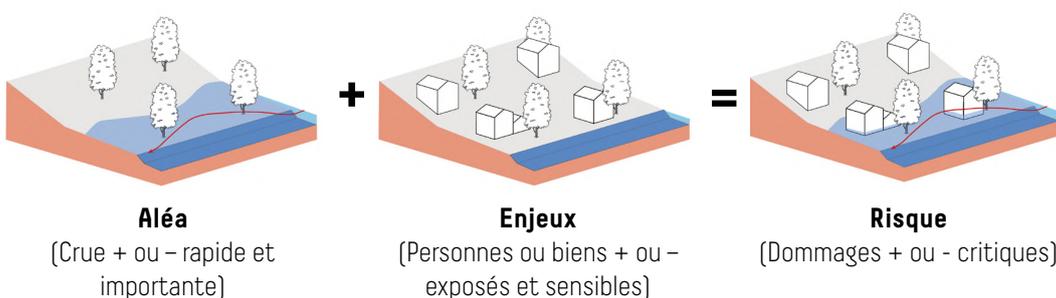


## **La sensibilisation des populations afin de partager une culture du risque dans la durée.**

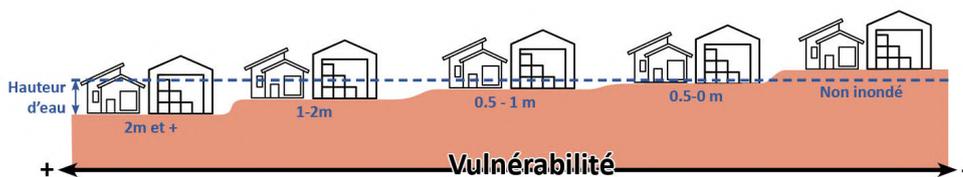
La finalité est qu'elles soient actrices de leur mise en sécurité et de celle de leurs biens. En complément des outils d'animation et d'information généraux, il s'agit de rendre perceptibles l'eau et le risque dans les projets et d'informer plus spécifiquement les futurs habitants et usagers afin qu'ils puissent connaître les dispositifs mis en place pour favoriser la résilience de leur territoire et leur habitation.

## La vulnérabilité des personnes et des biens exposés

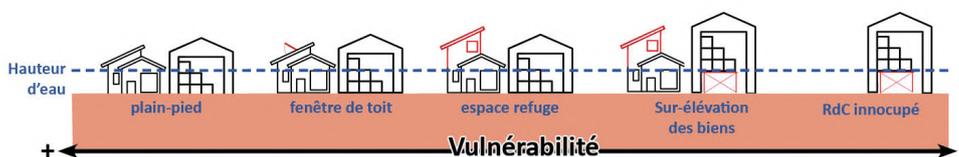
L'enjeu est d'intégrer le risque dans l'aménagement. Si des actions sont menées pour réduire l'intensité ou la fréquence des inondations, à l'échelle des bassins hydrauliques du grand territoire grenoblois, ce guide se concentre lui sur la réduction de vulnérabilité des biens et des personnes. Celle-ci dépend à la fois de leur exposition et de leur sensibilité à l'inondation.



L'objectif est donc, par l'aménagement et l'architecture, de limiter la vulnérabilité face à l'inondation, qui peut être définie comme l'exposition et la sensibilité d'un enjeu face à cet aléa. La combinaison de ces deux facteurs prédispose, ou non, les biens et les personnes à subir des dommages. Pour cela, il est possible de réduire l'exposition des personnes et des biens à l'inondation, notamment en implantant les bâtiments dans des secteurs moins exposés :



Il est également possible d'agir sur les biens eux-mêmes afin de réduire leur sensibilité à la crue en adaptant leur conception et ainsi atténuer les dégâts :



Une opération d'aménagement ou immobilière en zone inondable, dès lors qu'elle participe à un processus de renouvellement urbain, peut donc constituer un levier important de réduction de la vulnérabilité du territoire dans la mesure où elle aura pour conséquences de repositionner des enjeux au sein de la zone inondable, de repenser des formes urbaines, ou encore de modifier l'architecture de certains bâtiments.

Savoir tirer parti de ces opérations pour améliorer la situation du territoire vis-à-vis du risque inondation constitue la ligne directrice du présent guide.

# Un guide, pour donner des repères et des leviers d'action

Pour que la prise en compte du risque inondation ne soit pas qu'une contrainte, synonyme simultanément d'augmentation des coûts et de dégradation de la qualité des projets, il est indispensable de modifier en profondeur les pratiques de l'aménagement. Cela suppose ainsi **une approche plus transversale, et une prise en compte de l'inondation le plus en amont possible dans les projets.**

En appui des prescriptions réglementaires, des grands principes d'aménagement et d'adaptation aux risques des projets sont proposés dans l'**OAP Risques et Résilience du PLUi**, suivant les principales catégories d'aléas identifiées. Le **présent guide complète et approfondit ces éléments d'adaptation** du projet pour respecter les objectifs techniques et réglementaires.

Le présent guide vise à donner des clés aux **aménageurs**, aux **promoteurs** ainsi qu'aux **maîtres d'œuvre pour intégrer des mesures de réduction de vulnérabilité lors des opérations de recyclage immobilier ou de renouvellement urbain**. Les premières s'inscrivent dans l'amélioration du bâti existant (réhabilitation, démolition-reconstruction, construction dans les « dents creuses », etc.) sans transformation du tissu urbain. Les secondes impliquent des échelles d'intervention plus larges (mutation de friche industrielle, réhabilitation urbaine de tissus anciens, etc.) qui se traduisent par un travail de **recomposition de la trame urbaine**.

**Ce guide, dont le sommaire est présenté ci-après, est structuré selon une logique d'échelles descendantes :**

- **La programmation architecturale et urbaine** (pour laquelle il est nécessaire de trouver les périmètres et la nature des opérations qui seront les plus adaptés à l'exposition du territoire),
- **Le plan masse du projet urbain** (qui permet d'optimiser l'implantation des îlots et l'aménagement des espaces non bâtis, tant du point de vue des écoulements que des objectifs de gestion de crise),
- **Celle du bâtiment** (dont l'architecture, l'organisation interne et la gestion peuvent relever de différentes stratégies vis-à-vis du risque inondation).

**Le guide traite également de sujets communs aux différentes échelles :**

- La nécessaire **connaissance de la zone inondable et des règles** qui y sont attachées,
- L'attention particulière à porter aux **réseaux**,
- L'indispensable **culture du risque** que le projet urbain en zone inondable doit aider à conforter.

En plus des aménageurs, promoteurs et bailleurs, à qui ce guide s'adresse en particulier, celui-ci souligne également **l'enjeu de la mobilisation d'autres acteurs** qui, dans le cadre de leurs compétences ou de leurs expertises, ont également un rôle à jouer : les collectivités locales, les services de l'Etat, les architectes et les bureaux d'études, les constructeurs, les gestionnaires de réseaux et in fine les futurs usagers, ainsi que les agents immobiliers, les assureurs et les notaires.

A chaque début de chapitre, **une cartographie des acteurs** pointe ainsi les leviers et responsabilités de chacun, afin que les porteurs de projets puissent clairement identifier les sujets sur lesquels ils devront les mobiliser.



Je cherche les règles applicables

Page 8



### En BONUS

Je comprends les différents documents réglementaires, les cartes d'aléa, les bandes de précaution et le RESI

Page 66

Je définis mon programme

Page 18



Je fais évoluer mon périmètre



Je tiens compte des différences de vulnérabilité et d'exposition

Je dessine mon Plan-masse

Page 24



J'adapte la trame urbaine et paysagère



Je contrôle les écoulements



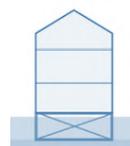
J'anticipe les circulations en cas de crue



Je valorise les secteurs inconstructibles

Je conçois mon bâtiment

Page 34



Je construis au-dessus de la crue



J'empêche l'eau d'entrer



J'aménage un rdc peu sensible à l'eau

Je suis vigilant sur les réseaux

Page 50



Je vérifie la desserte de mon secteur



Je profite du renouvellement urbain



Je mets en sécurité les équipements sensibles

Je favorise la culture du risque

Page 60



Je matérialise la crue



Je mets en scène l'eau



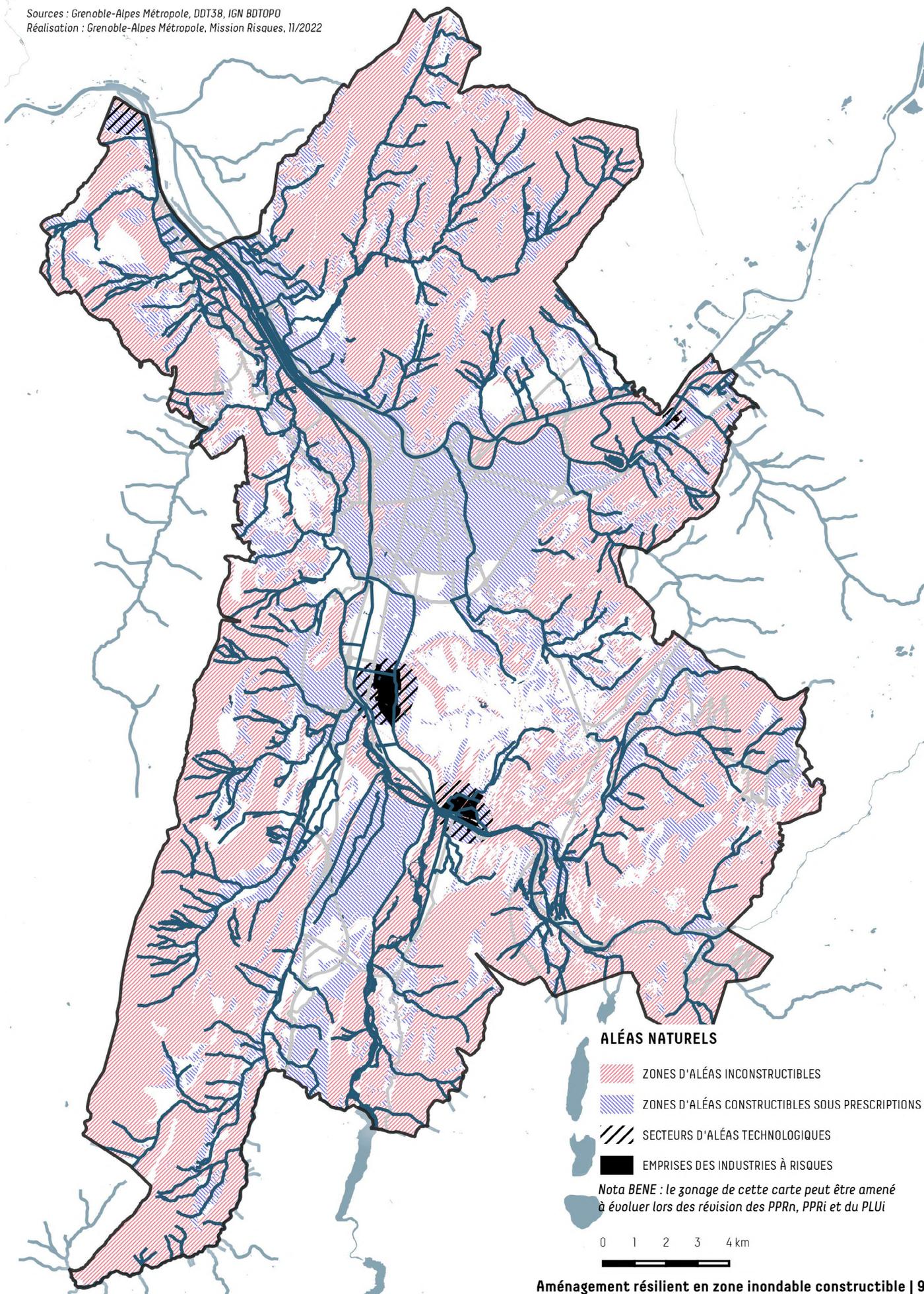
L'Isère en crue à Grenoble © Lucas Frangella / Grenoble-Alpes Métropole

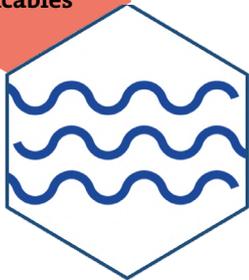
# Je cherche les règles applicables

Connaitre la réglementation associée à ma parcelle  
et comprendre les aléas auxquels je suis exposé  
pour adapter mon projet

## CARTOGRAPHIE RÉGLEMENTAIRE DES RISQUES NATURELS ET TECHNOLOGIQUES

Sources : Grenoble-Alpes Métropole, DDT38, IGN BDTOP0  
Réalisation : Grenoble-Alpes Métropole, Mission Risques, 11/2022

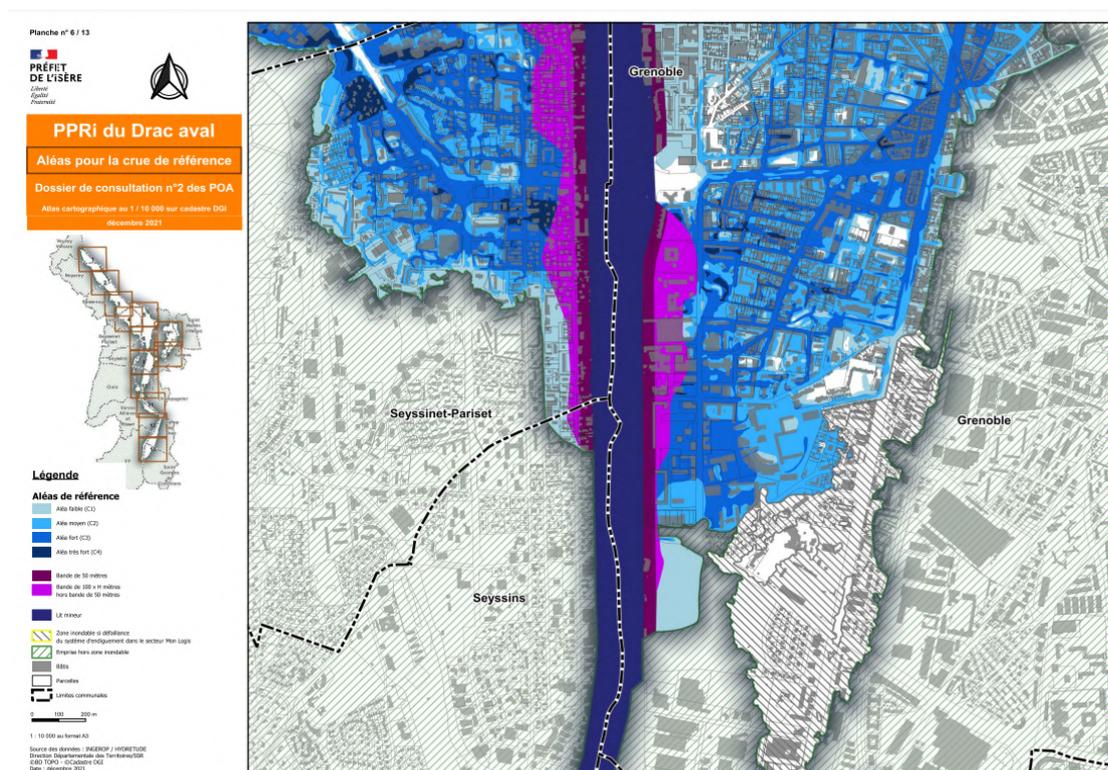




# Les aléas inondation et l'aménagement du territoire

Un aléa est défini comme un phénomène, de période de retour et d'intensité données, pouvant engendrer des dommages.

Pour l'inondation, la prise en compte de l'aléa se fait sur la base de ce que l'on appelle l'évènement de référence. Il s'agit généralement de l'évènement centennal (qui a une probabilité de 1 sur 100 de se produire chaque année). On peut également considérer l'évènement le plus fort connu, s'il est plus important qu'une crue centennale théorique, ou en l'absence de modélisation de celle-ci.



Extrait de la cartographie d'aléa du PPRI DRAC  
Source DDT38

Qualifier l'aléa inondation consiste donc à cartographier cet évènement de référence, qui est caractérisé par :

- son emprise,
- les hauteurs d'eau maximales atteintes,
- les vitesses d'écoulement maximales, lorsque la donnée est disponible.

En fonction des phénomènes et des secteurs, cette carte fera apparaître différents niveaux d'aléas (faible, moyen, fort, etc.).

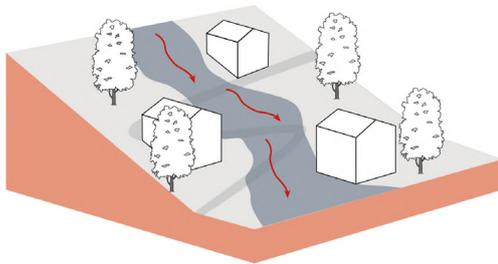
Dans les Plans de Prévention des Risques d'inondation (PPRI) notamment, cette information permettra d'ajuster les règles de constructibilité, pouvant aller d'un rehaussement des bâtiments jusqu'à l'interdiction de bâtir.

Les projets d'aménagement doivent se conformer aux prescriptions relatives à cet aléa de référence.

Certains secteurs, notamment les sites protégés par une digue, sont exposés à un risque binaire : soit la digue tient, et aucune inondation n'est à déplorer, soit la digue cède, et l'aléa « maximal » survient. D'autres secteurs peuvent être exposés à des phénomènes moins importants, mais avec une probabilité d'occurrence plus fréquente, et qui engendrent aussi des désordres. Enfin, il ne faut pas négliger le fait que la majeure partie du temps, tous sont au sec, l'inondation ne survenant que rarement.

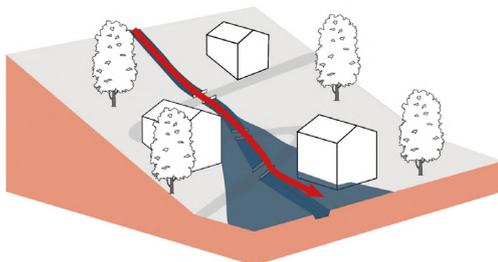
**Une compréhension fine des aléas permet donc de penser le projet d'aménagement avec différents niveaux de risques. cela permet d'adapter le niveau de réponse technique et d'améliorer la qualité d'usage du projet au quotidien.**

## Grands types d'inondation sur le territoire



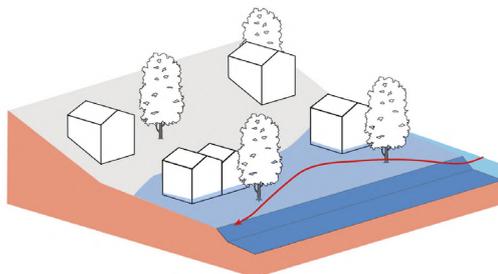
### L'inondation par ruissellement

Dans les secteurs aux pentes prononcées, l'eau, faute de pouvoir s'infiltrer, ruisselle. L'imperméabilisation des sols, due aux aménagements (bâtiments, routes...) et à des phénomènes climatiques (sécheresse, saturation, etc.), aggrave ce phénomène.



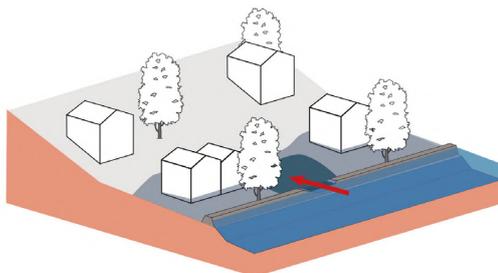
### L'inondation torrentielle

Suite à de fortes pluies, un torrent ou ruisseau, parfois sec le reste de l'année, sort rapidement de son lit. Si l'inondation est le plus souvent brève, elle est par contre soudaine et violente. Elle peut charrier des embâcles (pierres, arbres, boues, etc.).



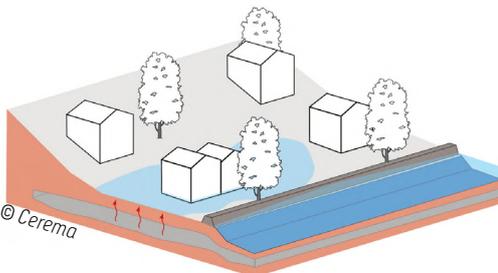
### L'inondation par débordement de cours d'eau

Suite à un phénomène pluvieux important ou lors de la fonte des neiges au printemps, le débit d'un cours d'eau peut augmenter jusqu'à sortir de son lit mineur pour occuper son lit majeur, pouvant envahir jusqu'à une vallée entière.



### L'inondation par rupture de digue

En cas de crue exceptionnelle qui dépasserait la hauteur de la digue ou en cas de défaillance de celle-ci (séisme, défaut d'entretien, etc.), une brèche peut se former. Outre l'inondation du secteur protégé, la zone située à l'arrière immédiat de la digue subit de très fortes vitesses d'écoulement.



### L'inondation par remontée de nappe

Un épisode pluvieux, sur un territoire où les nappes souterraines sont saturées, peut provoquer leurs montées jusqu'à la surface du sol.



# La 1<sup>ère</sup> étape : Mon projet est-il exposé et si oui, dans quel(s) zonage(s) « inondation » se situent mes parcelles ?

La bonne prise en compte du risque dans l'aménagement et la construction présuppose que l'on connaisse les règles de prévention associées à la parcelle support de son projet.

Cela n'est pas si simple ! En effet :

- Le territoire métropolitain est susceptible d'être touché par **différents phénomènes d'inondation** détaillés précédemment.
- Pour un même phénomène, selon les secteurs, **les documents réglementaires ne sont pas identiques, en statut ou en contenu**. Cela dépend notamment de la date à laquelle ils ont été élaborés :
  - Certaines parcelles sont réglementées par des Plans de Prévention des Risques d'inondation (PPRi - annexé au PLUi) : Isère amont, Isère aval, Romanche aval, Drac ;
  - D'autres sont réglementées par des plans de prévention multirisque naturels (PPRn - annexé au PLUi)
  - D'autres sont réglementées par le plan local d'urbanisme intercommunal (PLUi)

La localisation des zones réglementées au titre de l'inondation est synthétisée sur la cartographie du « [Plan des Risques Naturels](#) » du PLUi (*pièce BI du règlement graphique*) qui est le premier document à consulter dans tous les cas. Pour identifier les zonages « risques naturels » qui peuvent concerner votre projet, **le plus simple est d'utiliser l'outil en ligne : <https://pluicarte.lametro.fr/>**, qui permet de rechercher une parcelle directement sur la carte puis, dans l'onglet REGLEMENT, d'identifier les règles applicables. En complément des règles spécifiques à la parcelle, il est également nécessaire de prendre en compte, dans un rapport de compatibilité, les règles définies dans l'OAP Risques et Résiliences, ainsi que dans les OAP sectorielles le cas échéant.

**GRENOBLE ALPES MÉTROPOLE** Le PLUi en carte **PLUi** Données informatives et non certifiées

ACCUEIL RÉSULTATS INFOS

REGLEMENT PLANS

**Parcelle AP0144**

Données informatives et non certifiées

ZONAGE(A)

Zonage

Le terrain est situé en zone UD3 : Pavillonnaire en évolution modérée

RISQUES NATURELS (B1)

Romanche Aval - B10 : Zone d'autorisation sous prescriptions. Voir le règlement

Une zone d'autorisation sous prescriptions de constructibilité : Bc1. Voir le règlement

Une zone d'autorisation sous prescriptions de constructibilité : Bg. Voir le règlement

RISQUES ANTHROPIQUES (B2)

PREVENTION DES POLLUTIONS (B3)

Une zone d'assainissement collectif.

MIXITE FONCTIONNELLE ET COMMERCIALE (C1)

Le terrain est concerné par une mixité commerciale - Espace de

Contactez nous Plus d'informations sur le PLUi Météo - À propos - Mentions légales



Les PPR multirisques ne figurent pas sur cette carte de synthèse. Pour certaines communes, il est donc indispensable de consulter ces documents en annexe du PLUi. De plus, un même secteur peut être soumis à différents types de phénomènes d'inondation et donc différents règlements qui se cumulent.



Le territoire grenoblois est exposé à d'autres risques naturels (glissement de terrain, tremblement de terre, etc.), une carte des aléas est consultable dans l'OAP Risques et résilience du PLUi.

Comme pour la réglementation, la cartographie des aléas n'est pas la même selon les documents, et donc selon les secteurs de la Métropole :

- Les cartes d'aléas des PPRi sont mises à disposition avec les règlements de ces plans, dans les annexes du PLUi ;
- Les cartes d'aléas du PLUi figurent en [annexe 7](#) du document (documents informatifs relatifs aux risques).

Le tableau de synthèse ci-dessous contient des hyperliens vers les différents documents qu'il convient de consulter pour comprendre les aléas au droit d'un secteur et identifier la réglementation qui y est associée.

| Phénomène   | Réglementation PLUi               | Carte d'aléas   | Lecture des hauteurs/ cotes de référence   | Règles associées   |
|---|-----------------------------------|---|--|--|
| <b>Débordement Isère amont</b>  | NON                               | <a href="#">cartes des cotes « c »</a>  | Cotes de référence exprimées en m NGF, au droit de lignes isocotes   | Règlement <a href="#">PPRi Isère amont</a>                             |
| <b>Débordement Isère aval</b>   | NON                               | <a href="#">Carte d'aléa</a>  | Cotes de référence exprimées en m NGF, au droit de lignes isocotes   | Règlement du <a href="#">PPRi Isère aval</a>                           |
| <b>Débordement Ro-manche aval</b>   | NON                               | <a href="#">Carte des hauteurs d'eau</a>  | Classes de hauteurs de références, exprimées en mètres (par rapport au Terrain Naturel)  | Règlement PPRi <a href="#">Ro-manche aval</a>                          |
| <b>Débordement Drac</b>   | OUI (PPRi en cours d'approbation) | <a href="#">cartes des hauteurs d'eau et des vitesses maximales pour l'inondation du Drac</a> | Classes de hauteurs de référence   | <a href="#">Tome 1.2 du règlement PLUi</a> , partie 2                  |
| <b>Multirisques PLUi :</b><br>- Crues rapides des rivières<br>- Inondations de plaine<br>- Inondations en pied de versant<br>- Crues des ruisseaux torrentiels, des torrents et des rivières torrentielles<br>- Ravinement et ruissellement sur versant | OUI                               | <a href="#">cartes d'aléas multi-risques</a>  | Classes de hauteurs de référence, exprimées en mètres (par rapport au Terrain Naturel), déduites des grilles d'aléas disponibles dans la <a href="#">note méthodologique</a> | <a href="#">Tome 1.2 du règlement PLUi</a> , partie 3, chapitres I à V |
| <b>Multirisques PPRN</b><br>Pour les communes listées dans les tableaux présentés dans le cartouche du « Plan des Risques Naturels » du PLUi  | NON                               | <a href="#">Cartes d'aléas</a>  | Au cas par cas   | <a href="#">Règlements</a>   |



A ce stade, il est utile de se rapprocher des services des communes ou de Grenoble Alpes Métropole afin de valider les possibilités offertes par les différents documents pour la réalisation du projet. **Il est en effet préférable d'échanger en amont avec la collectivité**, cela évite d'engager du temps et des frais de conception sans savoir si l'on part sur de bonnes bases.



## La 2<sup>ème</sup> étape : Quelles sont les prescriptions réglementaires associées applicables à mon projet ?

---

L'étape précédente a permis de repérer quel(s) document(s) réglementaire(s) consulter : un des PPR et/ou les pièces du PLUi relatives aux risques. Ces documents ont toujours le même type d'architecture et sont composés de deux pièces principales :

- **Une carte de zonage réglementaire** (également appelée règlement graphique) : permet de situer précisément la ou les parcelles concernées par le projet, et d'identifier les zonages risques en consultant la légende,
- **Un règlement** (également appelé document écrit) : indique, pour chaque zonage, ce qu'il est permis de réaliser sur la parcelle, et le cas échéant, les conditions à respecter.

Pour une parcelle donnée, ces deux documents sont consultables en ligne via l'outil <https://pluicarte.lametro.fr/> qui permet une recherche à la parcelle ou à l'adresse :

- Dans l'**onglet PLANS**, qui permet d'ouvrir directement la planche sur laquelle se trouve la parcelle du projet,
- Dans l'**onglet REGLEMENT**, en cliquant sur « voir le règlement » puis en repérant dans la table des matières le nom du zonage spécifique.

La lecture du règlement permet de savoir si le projet envisagé entre dans le cadre des constructions listées comme autorisées, et le cas échéant, quelles sont les conditions et prescriptions à respecter.



Lorsqu'une même parcelle est soumise à différents risques et donc à différentes réglementations, c'est la plus contraignante qui s'impose.

Au-delà de la conformité aux règlements (PPR et PLUi), les projets doivent être également compatibles avec l'OAP Risques et Résilience du PLUi ; comme avec les autres OAP thématiques et sectorielles. Ce document opposable donne les grandes stratégies d'adaptation aux risques tant à l'échelle communale que de la parcelle.



Le présent guide a été finalisé en décembre 2022. Son contenu fait parfois référence à des documents réglementaires - PLUi et PPR notamment - susceptibles d'évoluer dans le temps. Les porteurs d'opérations qui s'en inspirent doivent donc systématiquement consulter les documents réglementaires à jour.

# Comprendre et prendre en compte les écoulements

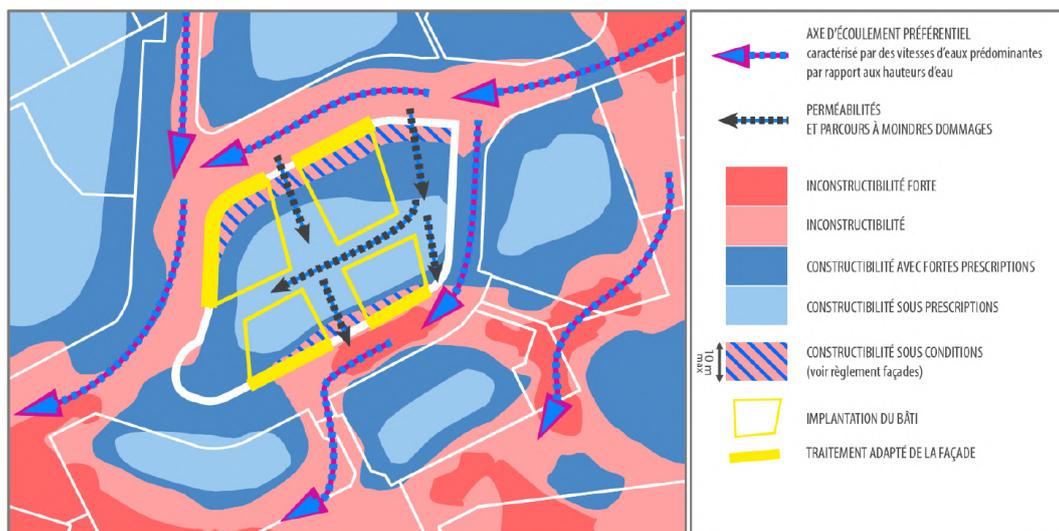
Les prescriptions réglementaires (PPRi et PLUi) font souvent appel aux notions de vitesses des écoulements, d'axes préférentiels des écoulements, de façades exposées, d'obstacles aux écoulements, etc... Ces informations peuvent ainsi figurer sur les cartes des aléas ou éventuellement sur les OAP du PLUi. Ces éléments permettent d'optimiser le positionnement des différentes constructions et ouvertures afin de minimiser la vulnérabilité du projet.

Cependant la connaissance de ces caractéristiques de l'inondation n'est pas systématiquement disponible en tant que telle : certaines cartes d'aléas ne font pas figurer les vitesses d'écoulement, d'autres ne font figurer qu'une combinaison des paramètres hauteurs et vitesses. Dans ces deux cas, l'analyse de la dynamique des écoulements et l'identification des axes préférentiels d'écoulement peuvent alors parfois être difficiles.

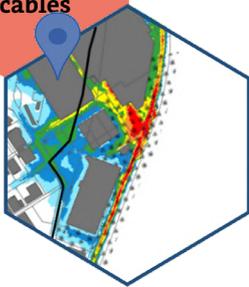
Il est toutefois possible d'apprécier sommairement les écoulements en procédant à une analyse de la topographie du site (via les cartes d'aléas du PLUi ou les cartes topographiques de l'IGN) : les écoulements principaux se faisant souvent dans les axes du lit des cours d'eau, de celui des plus grandes pentes, ou de ceux résultants de la topographie urbaine (voirie, « couloirs » encadrés par de longs bâtiments, etc.). Les cartes d'aléas du PLUi font par exemple apparaître des courbes de niveau permettant de déduire le sens des écoulements des eaux. A défaut, pour les autres documents, il est possible de regarder les cartes topographiques de l'IGN (disponibles sur le [Géoportail](#)).

La compréhension des écoulements permet notamment de déterminer les façades exposées qui correspondent aux façades amont (côté pente) des bâtiments. La détermination des façades exposées est précisée dans les règles générales des PPRn et du règlement des risques du PLUi.

Pour les grandes opérations d'aménagement, la prise en compte du risque inondation nécessitera la plupart du temps de mobiliser des bureaux d'études spécialisés en hydraulique et en gestion du risque, qui devront évaluer les impacts du projet sur les avoisinants pour s'assurer de la non-aggravation des risques. Ces spécialistes pourront notamment produire des cartographies des vitesses d'écoulement et des axes préférentiels. Il est important que le porteur de projet les sollicite sur ce sujet et obtienne d'eux une bonne compréhension de la dynamique des écoulements, dans la mesure où elle prendra une place importante dans les réflexions d'aménagement, de construction et d'anticipation de la gestion de crise.



Extrait du PLUi de Grenoble Alpes Métropole



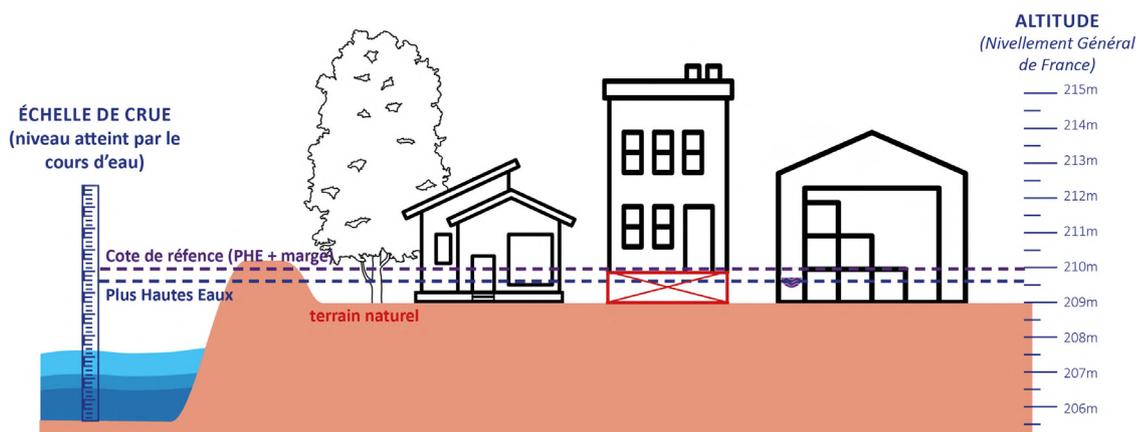
## 3<sup>ème</sup> étape : Comment consulter la carte des aléas pour comprendre le phénomène et adapter mon projet en conséquence ?

Le zonage et les prescriptions réglementaires associées dépendent en grande partie de la hauteur d'eau atteinte par la crue de référence (la vitesse et la durée de la crue sont également des paramètres importants). Il s'agit en effet de placer les personnes et les biens vulnérables (pièces de la construction, équipements sensibles, espaces refuges, etc.) au-dessus de la ligne d'eau atteinte pour l'évènement de référence tel que décrit dans la « carte des aléas ».

Pour atteindre cet objectif, les prescriptions réglementaires liées au risque inondation (règlements des PPRI ou du PLUi) utilisent la notion de « **hauteur de référence** », qui correspond à la hauteur d'eau atteinte pour l'évènement de référence. Elle est exprimée en mètres, et correspond à une hauteur « par rapport au terrain naturel » (par exemple : TN + 1.5 mètre).

Certains règlements utilisent également les termes de « **plus hautes eaux** » (PHE) ou de « **plus hautes eaux connues** » (PHEC) : il s'agit cette fois-ci de l'altitude, exprimée en mètres NGF, de la ligne d'eau atteinte pour l'évènement de référence. Les PPRI utilisent la « **cote de référence / cote de mise hors d'eau** », qui correspond à la ligne d'eau + une marge de sécurité (ex : +20cm pour le PPRI Drac).

Il est donc primordial pour le porteur de projet de comprendre de quoi il s'agit, et d'avoir accès à cette donnée au droit de son secteur.



Quand le niveau d'eau est exprimé en mètres NGF, **cela implique de faire appel à un géomètre dès les phases amont de la réflexion** afin de connaître l'altitude du terrain naturel. A défaut, l'outil [Géoportail](#) fournit une première indication (outils cartographiques / afficher les coordonnées) qui n'offre néanmoins pas la même précision.





Quartier des Ruires à Eybens devant le bassin agricole du Verdier © Lucas Françoise/Grenoble-Alpes Métropole

# Je définis mon programme

Adapter les périmètres et les programmes aux différents niveaux d'exposition pour limiter les besoins d'adaptation



Au stade de la prospection foncière ou de l'avant-projet, l'enjeu est de **fonder le projet sur des hypothèses compatibles avec la réglementation ou n'entraînant pas des contraintes techniques et financières insoutenables.**

La prise en compte tardive de ces contraintes se traduit inévitablement par des changements de programme (modifications ou révision du programme) qui bouleversent l'économie générale du projet, par des restructurations architecturales longues et coûteuses ou pire par l'abandon du projet.



## Je fais évoluer mon périmètre



Élargir les périmètres opérationnels, y compris par une approche multisites, peut permettre de bénéficier de différents niveaux d'exposition et de rechercher des péréquations économiques. Compenser la neutralisation des rez-de-chaussée inondables par des bonus constructifs en attique peut permettre de maintenir les équilibres économiques.

La constitution d'un périmètre opérationnel adapté est un facteur déterminant pour assurer la faisabilité juridique, ainsi que la faisabilité financière de l'opération.

**L'objectif est de fonder sa programmation sur des bases solides.**

Le premier levier consiste naturellement à **privilégier les espaces les moins exposés aux risques inondations**, ce qui à l'échelle de la Métropole de Grenoble peut s'avérer complexe compte tenu de la rareté du foncier et de l'exposition à d'autres risques.

**L'objectif est donc de constituer**, dans la mesure du possible, **des périmètres opérationnels qui offrent différents niveaux d'exposition** en termes de hauteurs et de vitesses d'écoulement. L'enjeu est de conserver des marges de manœuvre pour pouvoir **répartir la programmation en fonction des différentes vulnérabilités** (cf. levier suivant) sans dégrader les ambitions de mixité du projet.

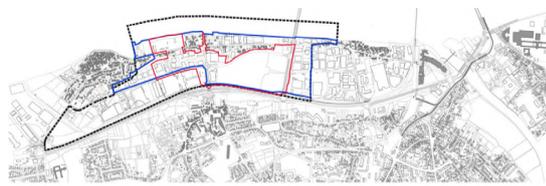
Quand cela est possible, cela peut également permettre de rechercher des **péréquations économiques** entre des secteurs fortement contraints par le risque et ceux qui le sont moins ou pas du tout.

**Cette recherche de périmètre opérationnel pertinent** peut être menée :

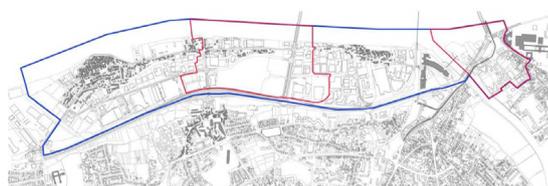
- **À l'échelle urbaine**, entre des secteurs d'expositions différentes. Cela suppose une capacité d'anticipation et de planification, ainsi qu'une politique foncière adaptée ;
- **À l'échelle du bâti**, en particulier par la distinction faite entre les usages des locaux en dessous de la cote de référence et les surfaces situées au-dessus. Cela peut supposer d'autoriser des densifications verticales des projets, en augmentant la hauteur autorisée, afin de compenser les surfaces neutralisées en rez-de-chaussée.

Ces **marges de manœuvre** sont mobilisables :

- **Par la collectivité** :
  - Au stade de la planification, en tenant compte de l'exposition aux risques dans la délimitation des périmètres des OAP et lors de l'élaboration de règles d'urbanisme adaptées ;
  - Dans sa stratégie de maîtrise du foncier (servitudes, droit de préemption, veille foncière, etc.) ;
- **Par les opérateurs** (aménageurs ou promoteurs) au stade de la prospection foncière.



----- périmètre d'études des Isles (2003)  
■ périmètre de la ZAD des Isles (2005)  
■ périmètre de la ZAC des Isles (2007)



■ périmètre de la concession d'aménagement Pirmil - Les Isles  
■ périmètres de la ZAC Pirmil - Les Isles

Evolution du périmètre de la ZAC des Isles entre 2007 et 2017  
© Nantes Métropole Aménagement

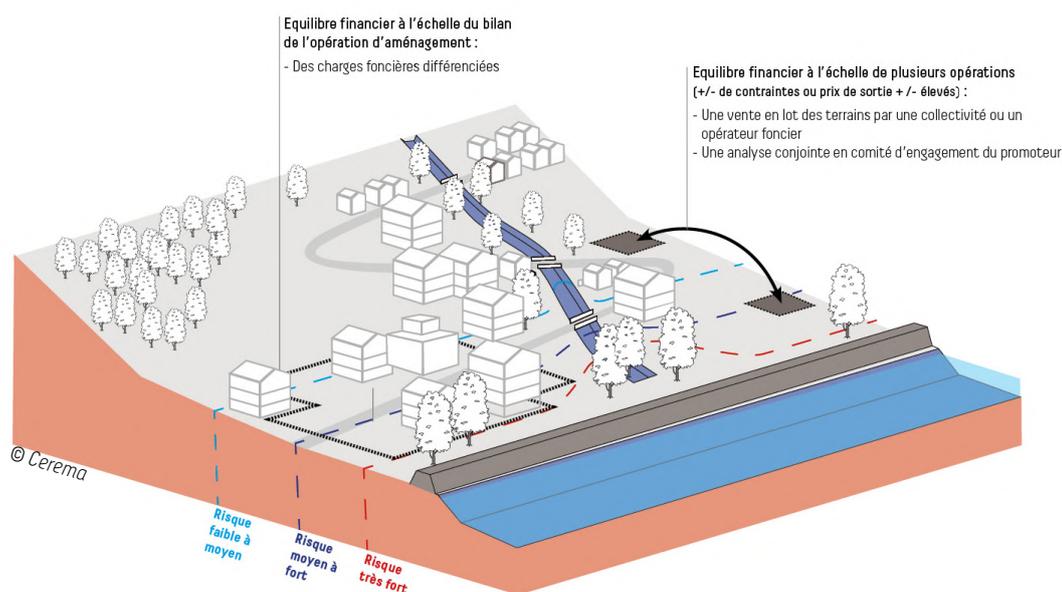
**Le périmètre de la ZAC Pirmil les Isles** portée par Nantes-Métropole Aménagement a évolué entre le premier dossier de création de 2007 et celui de 2017, « en raison d'équilibres financiers incertains et de la nécessité de préciser les objectifs de développement atteignables en tenant compte du Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI), prescrit par l'Etat le 5 juillet 2007 ». Le périmètre retenu s'élargit en particulier en dehors de la zone inondable.

# Rechercher des marges de manœuvre financières par la péréquation économique

La péréquation est un processus qui vise à compenser, en tout ou partie, des inégalités de situation, liées aux contraintes de site par exemple. Cela consiste concrètement à trouver un équilibre entre des opérations ou programmes vendus peu cher et ceux plus rentables. La logique de péréquation est par exemple utilisée dans différents cadres :

- Pour financer des programmes d'habitat social en mixant logements libres et sociaux dans une même opération en « VEFA HLM » ;
- Pour céder des fonciers attractifs et d'autres difficiles à vendre seuls via une vente en bloc.

Dans les cas du risque inondation, l'objectif est de dégager des marges de manœuvre pour financer les mesures de réduction de vulnérabilité dans les opérations d'aménagement ou immobilières (ex : limitation de la densité, solutions techniques, programmation spécifique, etc.). La péréquation peut être recherchée à l'échelle d'une opération immobilière ou plus certainement d'une opération d'aménagement ou encore d'opérations immobilières conjointes sur des fonciers dissociés.



L'élargissement des périmètres de réflexion amène à des degrés d'exposition plus facilement différents, donc de contraintes d'adaptation, et de prix de sortie variables. Par contre, cet élargissement suppose un travail d'anticipation et de coordination plus complexe entre les différents acteurs (collectivités, aménageurs, promoteurs et bailleurs). Cela implique d'abandonner la logique selon laquelle chaque opération immobilière, prise individuellement, doit être rentable ou au moins à l'équilibre.

Ainsi, si la péréquation peut contribuer à permettre le financement d'opérations contraintes, elle suppose par contre une maîtrise foncière par un même opérateur (EPCI, communes, aménageurs, promoteurs, bailleurs) et donc une stratégie foncière en amont fondée sur la prise en compte des risques. La mobilisation de l'Etablissement Public Foncier Local du Dauphiné peut s'avérer un atout important.



## Je tiens compte des différences de vulnérabilité et d'exposition



Dès la planification, et en phase amont des projets urbains ou immobiliers, penser la disposition des éléments de l'opération en fonction de leur vulnérabilité : les bâtis les plus vulnérables en zone de risque le plus faible, et les fonctions peu sensibles (jardins par exemple) en zone de risque le plus fort.

Pour déterminer la vulnérabilité d'un projet, il convient de **prendre en compte la réalité d'usage des locaux** plus que leur destination au titre du code de l'urbanisme :

- Vulnérable** ↑
- Établissements sensibles qui accueillent des populations vulnérables (ERP du 2e groupe de types J, D, U et R : maisons de retraite et résidences-service médicalisées pour personnes âgées, EHPAD, hôtels, établissements spécialisés pour personnes handicapées, hôpitaux, cliniques, prisons, crèches, halte-garderies, établissements scolaires, centres aérés, etc.) ;
  - Services nécessaires à la gestion de crise (pompiers, police/gendarmerie, salle de gestion de crise, etc.) ;
  - Installations classées pour la protection de l'environnement (risque de pollution) qui pourraient aggraver la crise dans les secteurs les plus exposés ;
  - Établissements Recevant du Public de capacité supérieure à 300 personnes ;
  - Habitations et hébergements ;
  - Établissements Recevant du Public de faible capacité ;
  - Commerces de gros, industries, artisanats, bureaux, locaux techniques et industriels des administrations publiques et assimilés ;
  - Exploitations agricoles ou forestières, entrepôts.
- ↓

stocks en cas d'alerte inondation.

Dans le cadre d'un projet en renouvellement urbain, la réduction de vulnérabilité peut ainsi être atteinte par un **changement de destination des bâtiments vers des usages moins vulnérables**, que ceux initialement présents. **La redistribution spatiale des fonctions, entre des secteurs d'expositions différentes ou dans les étages au-dessus des plus hautes eaux**, peut également permettre de réduire la vulnérabilité du secteur de projet.

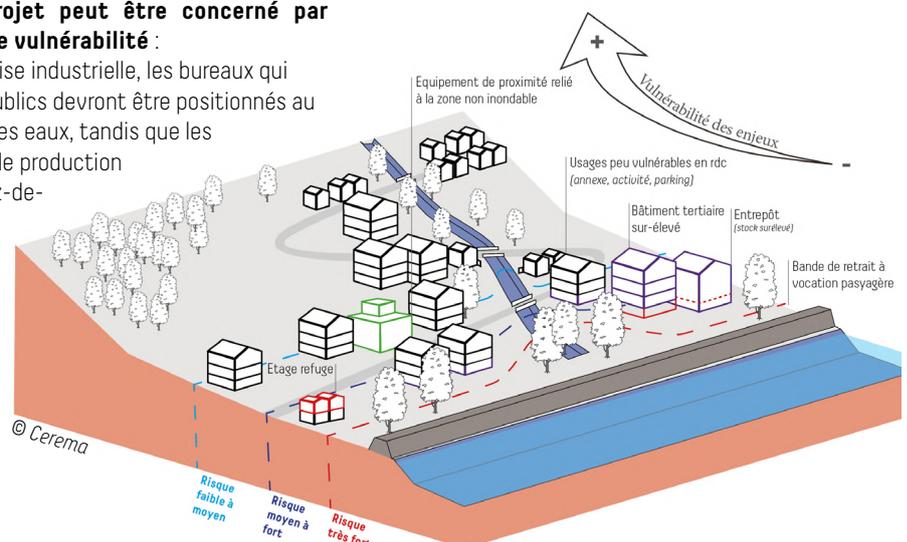
Cette adaptation de la programmation à l'exposition du projet et à la vulnérabilité des usages projetés peut être :

- **Inscrite dans les documents de planification**, en utilisant les sous-destinations du code de l'urbanisme pour affiner le zonage, les orientations d'aménagement et de programmation, et les règles applicables aux différents programmes ;
- **Construite ou consolidée au moment de la programmation urbaine et architecturale**, en phase amont des projets, afin qu'ils soient fondés sur des scénarios soutenables.

L'adaptation de la programmation doit évidemment être prolongée par des mesures d'adaptations architecturales et organisationnelles (ex : batardeaux pour protéger des machines-outils situées en rez-de-chaussée inondable)

**Ainsi un même projet peut être concerné par plusieurs classes de vulnérabilité :**

au sein d'une entreprise industrielle, les bureaux qui accueillent plus de publics devront être positionnés au dessus des plus hautes eaux, tandis que les entrepôts ou atelier de production pourront rester en rez-de-chaussée en mettant en place des dispositions empêchant la pénétration de l'eau ou permettant de sur-élever les



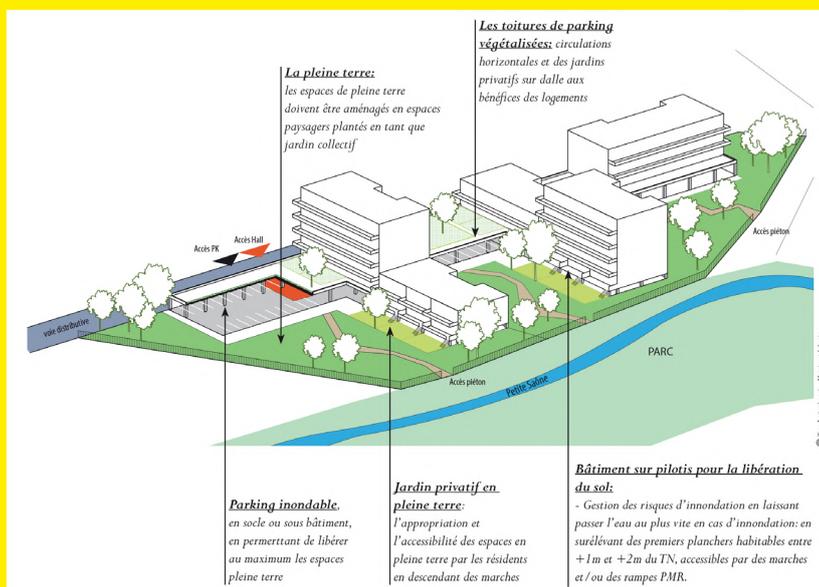
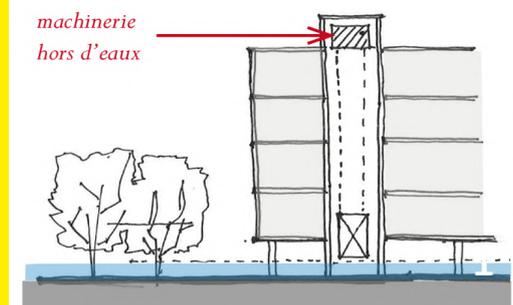
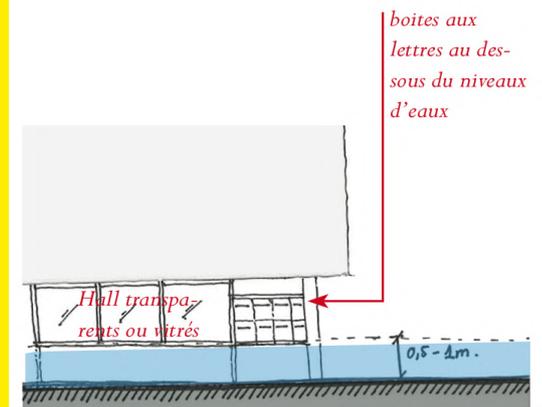
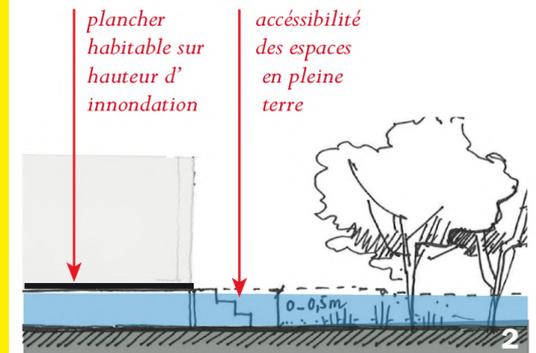
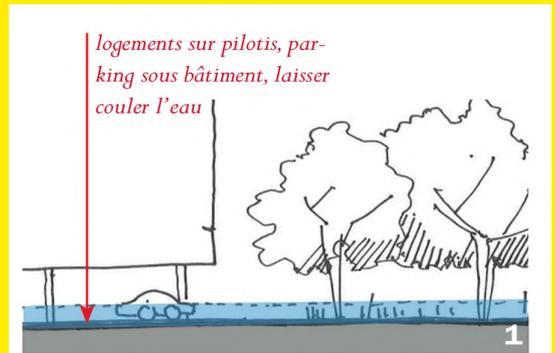
# Portes du Vercors

## Fontaine et Sassenage

Le projet est porté par **Isère Aménagement** dans le cadre d'une concession d'aménagement passée avec Grenoble-Alpes Métropole en collaboration avec les communes de Sassenage et Fontaine. Cette ZAC structurante pour le développement du territoire s'inscrit dans une démarche globale métropolitaine de résilience territoriale à l'échelle de la polarité Nord-Ouest de la Métropole. Le projet vise à **requalifier un secteur de friche commerciale et industrielle** sur Fontaine et à répondre aux besoins en logements à loyers modérés de la commune de Sassenage.

Secteur stratégique de 100 hectares, dont une première tranche opérationnelle de 10 hectares, **il est exposé aux risques de débordement par défaillance des digues du Drac mais aussi à l'inondation des cours d'eau de la Petite et de la Grande Saône**. Le projet des Portes du Vercors permet la consolidation de la trame verte et bleue à l'échelle du secteur, avec notamment **d'importantes surfaces désimperméabilisées** et plantées sur Fontaine, la découverte et le recalibrage de la Petite Saône sur Fontaine et Sassenage et la réalisation d'un **ouvrage de décharge de la Petite Saône vers la Grande Saône sur Fontaine**. Le projet est conçu autour de la Petite Saône et d'un **parc linéaire dans les zones les plus exposées à l'aléa** dans un but de mitigation de ces derniers (noues, cheminements préférentiels d'écoulements...); **la proximité des cours d'eau comme la gestion du risque d'inondation a permis de développer une identité forte du projet autour de l'eau**.

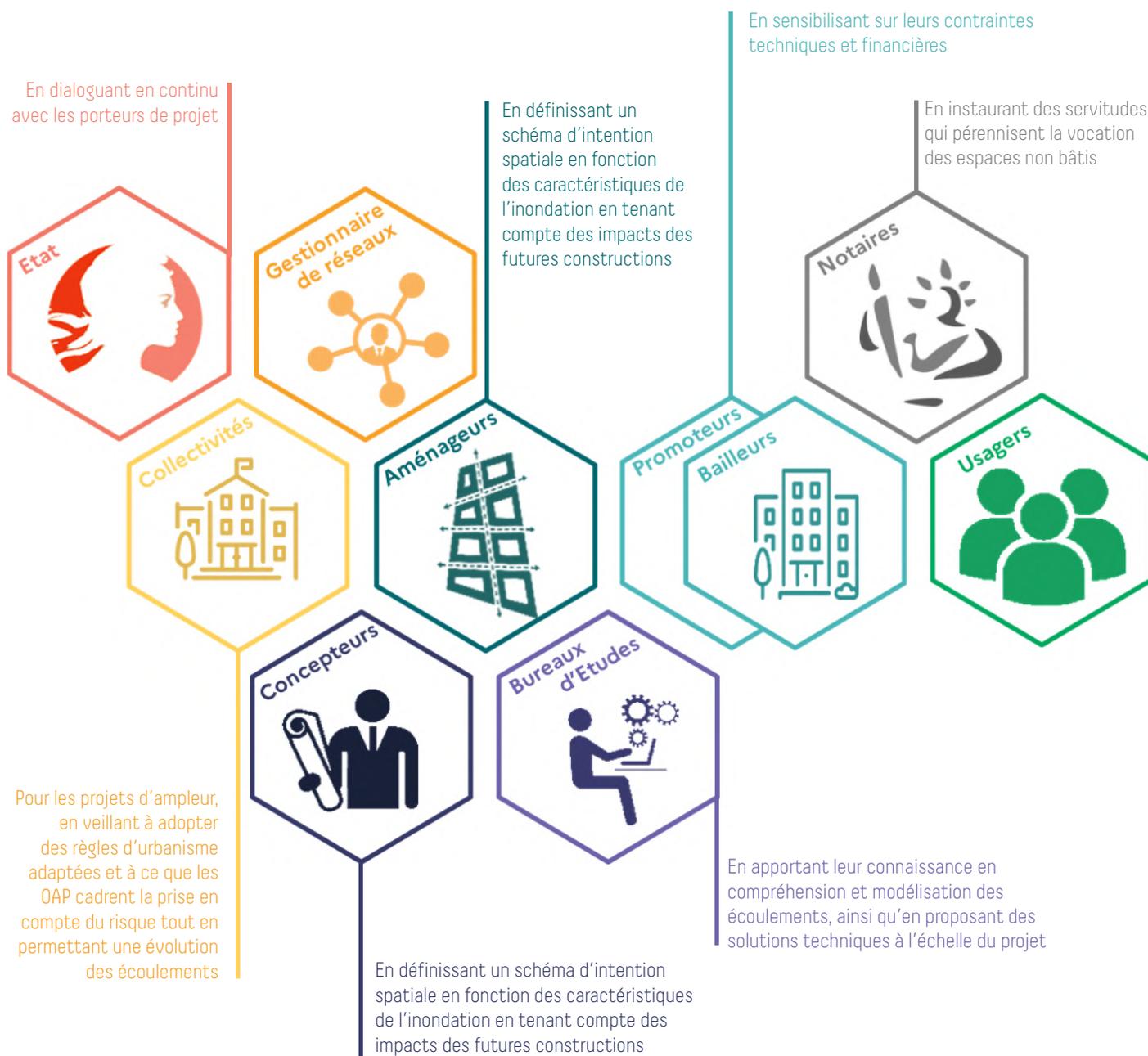
Les espaces publics et bâtiments du projet ont été étudiés en intégrant le risque d'inondation avec par exemple **la surélévation des niveaux habitables, une orientation adaptée des bâtiments, une géométrie des rez-de-chaussée spécifique (socle ou pilotis) ou encore la limitation du stationnement de nappe**. Par ailleurs, **l'ensemble des phases de construction a fait l'objet de nombreuses modélisations hydrauliques afin de vérifier la non aggravation du risque sur les avoisinants**. Plusieurs bâtiments et infrastructures seront fléchés pour être utiles à la gestion de crise et/ou au retour à la normale. **Le transport par câble rejoignant Fontaine à Saint-Martin-le-Vinoux via Grenoble, est dimensionné pour pouvoir fonctionner avec la présence de l'aléa**. Au-delà de l'évacuation, ce téléphérique sera le premier mode de transport rétabli après l'inondation, concourant ainsi à un retour à la normale rapide post événement.





# Je dessine mon plan masse

Concevoir des partis pris d'aménagement avec la présence de l'eau et des différents niveaux d'aléas



**Dépasser l'échelle du bâti et de la parcelle permet une gestion plus efficace et plus qualitative du risque inondation.** Les projets d'aménagement et les projets paysagers peuvent par exemple :

- Prévoir des remodelages du terrain naturel tout **en garantissant l'écoulement de l'eau** ou le maintien des capacités d'expansion de crue via l'adaptation des formes urbaines ;
- Mutualiser la zone d'expansion de l'inondation **entre les espaces publics et les espaces privés inconstructibles** ;
- **Mutualiser les cheminements d'accès**, adaptés aux personnes à mobilité réduite ;
- **Concevoir des réseaux robustes**, jusqu'à l'évacuation ou la mise à l'abri des personnes, et résilients ;
- Etc.

D'un point de vue opérationnel, l'échelle du projet urbain apparaît ainsi être celle qui offre le plus de marges de manœuvre. Il s'agit de fonder le projet sur l'exposition au risque inondation et faire en sorte que les adaptations mises en œuvre contribuent également à la **qualité urbaine, architecturale ou paysagère**, ainsi qu'à la qualité d'usage du projet.

Ce travail de conception est aussi réalisable sur de petites opérations dans le diffus, notamment en prenant en compte les enjeux existants et les potentiels de mutations à venir (éventuelle présence d'une OAP...).



## J'adapte la trame urbaine et paysagère



Le dessin de la trame urbaine peut permettre de guider l'eau, de sorte qu'elle crée le moins de dommages possibles. Il peut s'agir de dissiper la force des écoulements, de les diriger vers des axes prévus pour les accueillir, de faciliter leur évacuation, etc.

Cette adaptation permet de limiter les risques et de réduire les contraintes techniques sur les constructions et les réseaux.

Une inondation se caractérise par la hauteur d'eau, la durée de la crue, ainsi que les vitesses et le sens d'écoulement. **L'inondation doit donc être appréhendée comme un phénomène dynamique** avec une phase de crue, plus ou moins rapide et intense, puis une phase de décrue, plus ou moins longue.

L'enjeu en matière d'aménagement urbain est d'accompagner la circulation de l'eau dans le tissu urbain suivant un parcours à moindres dommages :

- Construire en retrait des zones à vitesses et hauteurs d'eau importantes afin d'accompagner le parcours de l'eau ;
- Aménager des axes secondaires, perpendiculaires aux axes préférentiels d'écoulement qui offrent des espaces d'étalement présentant des vitesses réduites ;
- Sous certaines conditions, les constructions amont ou les plus proches de l'axe préférentiel peuvent contribuer à protéger les constructions plus aval ou plus en retrait des dégâts liés aux vitesses et aux embâcles. Celles-ci doivent être dimensionnées en conséquence.

Pour autant, cette adaptation de la trame urbaine ne doit en aucun cas canaliser l'eau, et la renvoyer plus vite et plus fort vers les constructions avoisinantes ou vers l'aval : cela **doit s'inscrire dans une logique de ralentissement dynamique des écoulements**.

Dessiner le plan masse en fonction de l'écoulement des eaux pour en dégager les grands principes urbains suppose un **travail itératif** entre le scénario d'aménagement et l'évaluation de ses impacts hydrauliques afin de trouver le meilleur compromis.



Dans les secteurs soumis à des crues lentes ou à des remontées de nappe, l'eau s'étale de manière uniforme.

Les hauteurs d'eaux et les durées d'immersion sont les facteurs déterminants de ce type d'inondation. Le sens d'écoulement joue essentiellement sur l'évacuation de l'eau afin de faciliter le ressuyage.

Dans les secteurs soumis à des vitesses importantes (rupture de digue, crue torrentielle, etc.), les vitesses d'écoulements sont un facteur majeur du risque :

- Pour les vies humaines (dès 25 cm d'eau et une vitesse de 0.5m/s, un adulte aura de grandes difficultés à se déplacer debout et cela sera impossible pour un enfant) ;
- D'affouillement et d'érosion des sols et des fondations ;
- De transport de matériaux pouvant entraîner des chocs susceptibles d'endommager les bâtiments ou des embâcles provoquant localement une augmentation des hauteurs d'eau et une modification des axes et sens des écoulements.



Dans le cadre de l'opération ANRU du quartier des Salines d'Ajaccio, le percement d'une partie d'immeuble répond au double objectif de désenclavement du quartier et d'une meilleure évacuation des eaux de ruissellement vers la mer quand les capacités des ouvrages de rétention en amont sont dépassées. Cette action structurante de « surface » s'accompagne d'un redimensionnement du réseau hydraulique enterré.

# ZAC DES TUILERIES

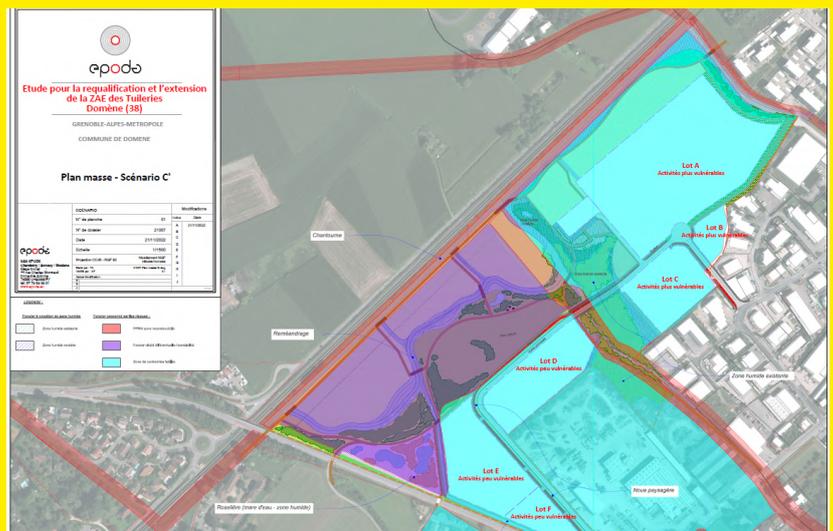
## Domène - Grenoble-Alpes Métropole

L'opération d'aménagement des Tuileries sur la commune de Domène, au nord-est de la Métropole grenobloise est un espace de projet de 24,5ha. Il a vocation à accueillir des entreprises productives. Le secteur de projet est situé entre la voie ferrée et le pied des coteaux du massif de Belledonne. Il est principalement exposé à des aléas inondation de pied de versant (I') d'intensité faible à moyenne provenant de la chantourne (canal de drainage de la plaine agricole) longeant la voie ferrée. Suivant les secteurs, le PPRn de la commune y autorise les constructions soit sous prescriptions (zone bleue sur le plan ci-contre), soit après études et travaux de protection (zone violette). Enfin, les axes d'écoulements sont classés inconstructibles (en rouge sur le plan ci-contre). Le site est par ailleurs ponctué de deux zones humides.

**La Métropole a fait le choix de conserver près de la moitié de la zone initialement destinée à l'urbanisation en zone naturelle et agricole.** Ces espaces seront aménagés afin d'écarter la crue de la Chantourne. Pour cela, un décaissement moyen de 30 cm est prévu pour compenser en volume les espaces urbanisés. Ce décaissement ne se veut pas classique mais cherche à restaurer les fonctionnalités des milieux humides initialement présent avant le drainage de la plaine agricole effectué au cours des siècles. Ainsi, le canal de la Chantourne va être dupliqué avec la renaturation du cours d'eau originel sur les points bas du secteur, la création de mares, de forêts alluviales, de roselières... **Le bon fonctionnement de ces écosystèmes naturels permettra à la fois une réduction des aléas hydrauliques et d'améliorer la biodiversité existante du site.** La création de ces milieux naturels permettra en s'appuyant sur leurs fonctionnalités de gérer les aléas inondation de la zone sans créer d'ouvrages maçonnés. Il s'agit d'un exemple de schéma d'aménagement hydraulique innovant et résilient basé sur des solutions fondées sur la nature.

**Le reste de la zone sera aménagé avec des emprises au sol des constructions réduites au maximum en promouvant des activités productives y compris en étages.** L'imperméabilisation des sols sera réduite au strict nécessaire et la gestion des eaux pluviales se fera à la parcelle avec des bâtiments adaptés au risque inondation. **Sur chaque lot, les typologies d'activités économiques seront choisies en fonction du niveau de vulnérabilité de celles-ci.** Dans les zones où les aléas sont les plus faibles, il est privilégié l'implantation d'entreprises industrielles qui ont soit des difficultés à se surélever (machines lourdes, vibrantes, logistique...), soit des entreprises qui disposent d'équipements coûteux ou à haute valeur ajoutée (salle blanches, machines de précisions...). Là où les aléas sont les plus forts, ce sont plutôt des petites activités industrielles ou artisanales qui seront fléchées car souvent plus facilement surélevables.

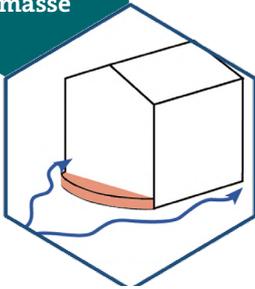
**Enfin, est étudié un système de bail de longue durée pour les entreprises permettant à la puissance publique de conserver la maîtrise du foncier** pour assurer dans la durée le respect des prescriptions (éventuels rez-de-chaussée transparents, modelés de terrain sur les tènements des entreprises...) et le bon entretien des aménagements et équipements assurant la résilience de la zone et de ses bâtiments.



©Epede – Grenoble-Alpes Métropole



©Epede – Grenoble-Alpes Métropole



## Je contrôle les écoulements



**Accentuer la topographie naturelle pour mettre des zones hors d'eau ou améliorer l'écoulement de la crue en remodelant le terrain d'assiette du projet, à condition de garantir un effet nul (ou plus favorable) sur les avoisinants.**

Pour les opérations d'une taille significative et surtout situées dans des secteurs d'écoulements préférentiels, il peut être utile de **réaliser des aller-retours entre le projet et les analyses hydrauliques**. Ce travail prend encore plus d'importance lorsque le projet d'aménagement prévoit un reprofilage du terrain naturel. En effet, ces mouvements de déblais et remblais peuvent dans certains cas permettre d'exacerber la topographie naturelle et améliorer les écoulements. Cependant, la condition sine qua non est que ceux-ci soient **hydrauliquement neutres** (libre écoulement et volume d'expansion) et ne s'accompagnent pas d'aggravation du risque sur les **enjeux avoisinants** (situés en amont, en aval et sur les parcelles voisines). Une approche plus fine qu'un simple calcul de volume des déblais et remblais est donc nécessaire.

Le remodelage de terrain pouvant nécessiter une étude hydraulique, cela limite l'utilisation de ce levier à des cas particuliers. Cette approche à la limite entre l'adaptation face au risque et la réduction de l'aléa peut permettre de gérer plus qualitativement le rapport au sol du projet et ainsi limiter l'usage de bâtiments surélevés (pilotis et

rez-de-chaussée banalisés ou à usage de parking) et de rampes.

Le remodelage peut également permettre de faire correspondre l'hydraulique aux contraintes liées à l'implantation des réseaux afin de les mettre hors d'eau. Les nœuds des réseaux pourront par exemple être surélevés, en les positionnant sur des points hauts naturels, plutôt que sur des plateformes surélevées qui créent des contraintes de maintenance au quotidien.

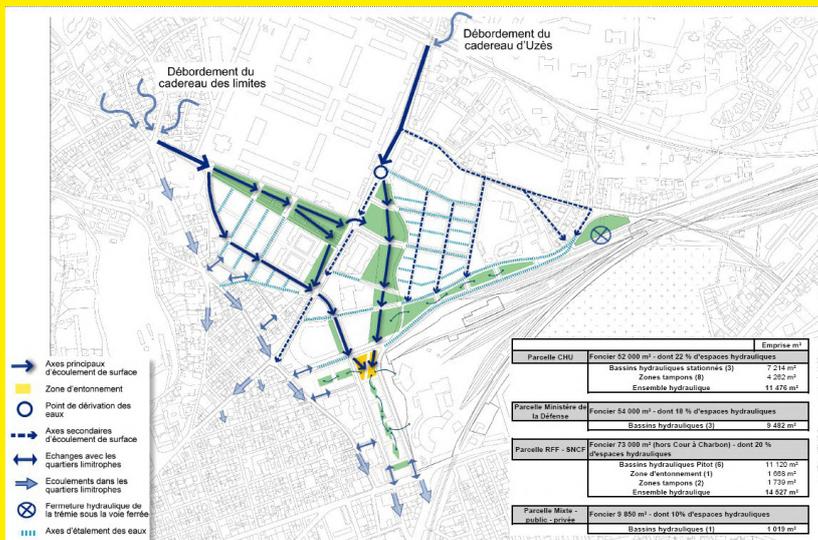
Les études hydrauliques préliminaires, menées de manière itérative avec la définition du plan guide, peuvent avoir un coût important (ex : environ 40 000 euros pour le seul volet hydraulique sur le quartier Matra à Romorantin ou des Près-de-Vaux à Besançon). De plus cette dépense intervient en phase amont du projet d'aménagement sans certitude sur le résultat final et les conditions de faisabilité du projet.

# ZAC Hoche Université Nîmes

Le projet découle d'une stratégie hydraulique à l'échelle du bassin versant avec la création de bassins en amont et le redimensionnement des cadereaux (rivières souterraines) qui permettent de limiter l'exposition de la ville jusqu'à la crue de période de retour 40 ans (Q40).

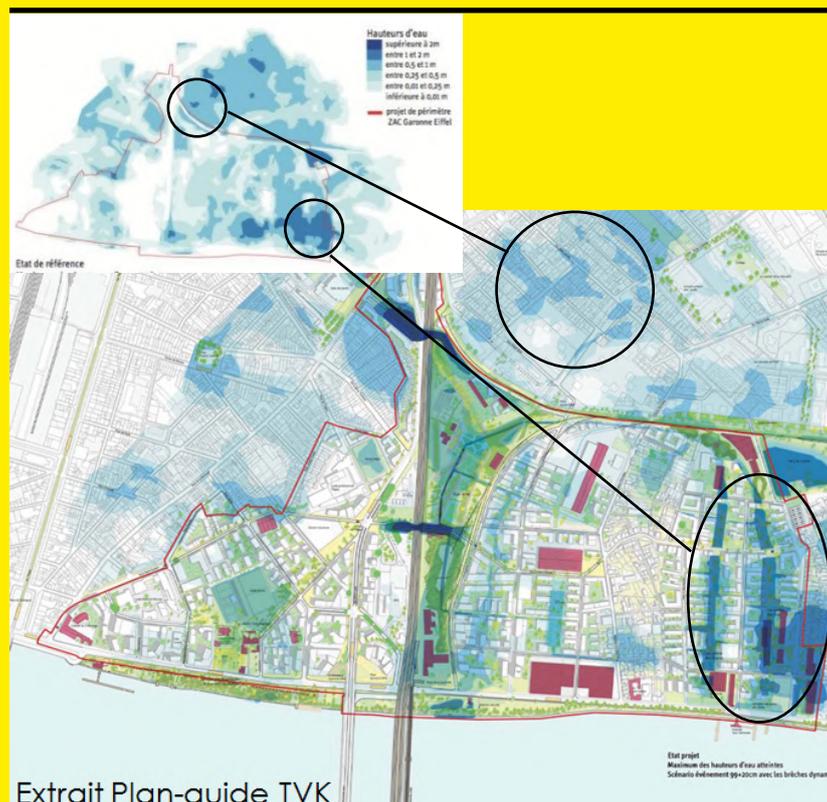
Le périmètre de l'opération reste donc fortement exposé à la crue de référence, ce qui a guidé tout le plan masse.

« Le schéma proposé organise l'urbanisation autour de deux séries de bassins d'orage, destinés à capter les écoulements et à dissiper l'énergie de l'eau en cas de crue. Nous avons calé le schéma d'aménagement sur la carte des tracés de l'eau, explique Jean-Pierre Duval, architecte associé. Les voiries elles-mêmes ont été dessinées dans le sens de l'écoulement des eaux. » (Comment réussir à construire un écoquartier en zone inondable, Jean Lelong, 16 février 2015, la Gazette, pratique locale). Les fiches de lot de l'opération Hoche Université à Nîmes déclinent à l'échelle des îlots les préconisations et recommandations en matière d'adaptation de la trame urbaine par rapport aux sens des écoulements.



Principes d'écoulements au sein de la ZAC  
© Ville de Nîmes / Grumbach et A.

# ZAC Garonne Eiffel Bordeaux



Extrait Plan-guide TVK  
Modélisation hydraulique avant et après projet d'aménagement  
© EPA bordeaux Euratlantique / TVK

Le projet Garonne Eiffel à Bordeaux se fonde sur la **concentration des zones les plus inondables dans un réseau de parcs paysagers** qui servent de répartiteurs de l'eau sur le territoire.

Cette nouvelle configuration permet de faciliter les futures opérations immobilières et facilite le ressuyage ou « vidange » qui se fait par simple gravité via le réseau de noues.

Les jardins des bâtiments le long des parcs inondables contribuent au stockage des eaux de crue, qui est donc réparti entre espaces publics et privés. Sur chaque lot la transparence hydraulique est imposée et son entretien figure dans le permis de construire (via une servitude). Les seuils des bâtiments sont surélevés en conséquence jusqu'à 70-80 cm du sol. La pente douce des jardins et le double accès par la deuxième façade permet de garantir l'accès pour les personnes à mobilité réduite.

Les cahiers des charges de cession de terrain déterminent l'implantation des bâtiments, la localisation des ouvertures ou encore les caractéristiques techniques de résistance (aux pressions, aux chocs et aux risques d'affouillements).

Enfin, cette reconfiguration de la topographie du projet permet de **diminuer l'exposition des constructions existantes en dehors du périmètre de la ZAC** à ce même risque.



## J'anticipe les circulations en cas de crue



**Sécuriser et faciliter les circulations des populations ou des services de secours en phase d'alerte, durant la crue ou durant la phase de retour à la normale.**

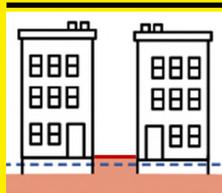
L'intégration du risque inondation dès la stratégie d'aménagement d'ensemble offre la possibilité d'organiser des cheminements hors d'eau praticables par les habitants sinistrés ou par des services de secours équipés.

**Dans le contexte grenoblois, ces cheminements peuvent permettre de relier l'opération à des secteurs en dehors de la zone inondable ou**

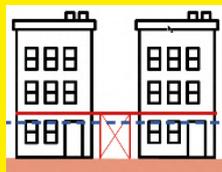
**de manière plus systématique vers des zones collectives de refuge.**

La constitution d'un réseau viaire résilient contribue à :

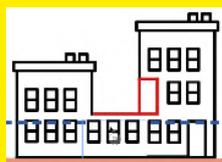
- Maintenir les populations sur place, y compris dans les secteurs où l'eau est susceptible de rester plusieurs jours (configuration de cuvettes) ;
- Permettre leur mise à l'abri quand cela est nécessaire.



Dans les secteurs où les hauteurs d'eau sont limitées, et où un remodelage du terrain (hydrauliquement neutre) est envisageable, il peut s'agir d'un **réseau viaire complet aménagé au-dessus des plus hautes eaux** (ou avec des hauteurs et vitesses d'eau faibles qui permettront les déplacements).



Dans les secteurs présentant des hauteurs d'eau trop importantes, ces cheminements résilients peuvent se traduire par l'aménagement de **coursives intégrées aux bâtis** (via des "servitudes de droit privé établies par le fait de l'homme") ou de **passerelles piétonnes dans l'espace public**. De tels aménagements sont impactants financièrement et en matière de cadre de vie quotidien. **Ils sont réservés à des cas particuliers où leur bénéfice sera important. C'est par exemple le cas des secteurs de cuvette où la décrue sera lente.**



**Les cheminements résilients peuvent enfin, dans le cas le plus courant, se limiter à l'échelle d'une opération immobilière** en permettant aux résidents de se déplacer en sécurité vers un espace refuge individuel ou idéalement collectif. Ces circulations, nécessairement au-dessus de la cote de référence, doivent également être conçues en fonction de considérations liées à la **gestion de crise** (accessibilité des secours, éclairage en cas de coupure de courant, réseaux téléphoniques, etc.).

*Nota bene : Les circulations intérieures doivent être pensées et équipées d'une signalétique qui dissuade les usagers de se rendre dans les sous-sols, en cas d'alerte inondation : escaliers séparés, affichage, blocage automatique des ascenseurs au-dessus de la cote de référence, etc.*



Le redémarrage rapide d'un territoire sinistré dépend en grande partie de l'état des réseaux électriques, numériques, d'eau, etc. Les remodelages de terrain ou les réseaux de circulation prévus par les aménageurs doivent donc être l'**occasion d'aménager les réseaux au-dessus de la cote de la référence et en dehors des zones présentant des vitesses d'eau importantes** qui pourraient les endommager. La facilité d'accès pour intervenir en cas de dommage doit également être un critère prioritaire.

De plus, améliorer la résilience des réseaux au sein d'une opération d'aménagement peut également servir à améliorer leur fonctionnement au-delà du secteur : **les collectivités et les gestionnaires de réseaux ont tout intérêt à accompagner l'aménageur dans sa démarche.**

# Nouveau plateau technique de l'hôpital Michallon

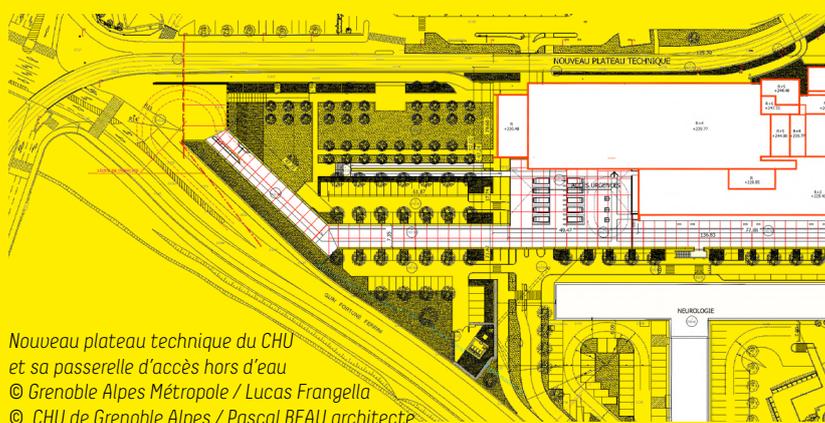
## CHU Grenoble-Alpes - La Tronche

Situé dans un secteur fortement inondable en cuvette, le nouveau plateau technique reste accessible en cas de crue de l'Isère grâce à un parvis-pont, qui peut être emprunté par les ambulances, les véhicules de secours et le public.

D'autres mesures viennent compléter ce réseau viaire résilient :

- « Étanchéification » du sous-sol, qui est fortement exposé avec des hauteurs d'inondation allant jusqu'à 2 mètres : cuvelage des deux sous-sols, installation de portes étanches pour empêcher les venues d'eau en provenance de l'hôpital, installation de clapets anti-retour sur les réseaux d'évacuation, pompe de relevage pour aider la vidange ;
- Implantation des locaux électriques sensibles et de secours au niveau N+3;
- Traitement paysager du parc de stationnement pour le protéger des venues d'eau de ruissellement ;
- Aménagement des voiries limitrophes afin de limiter les venues d'eau de ruissellement.

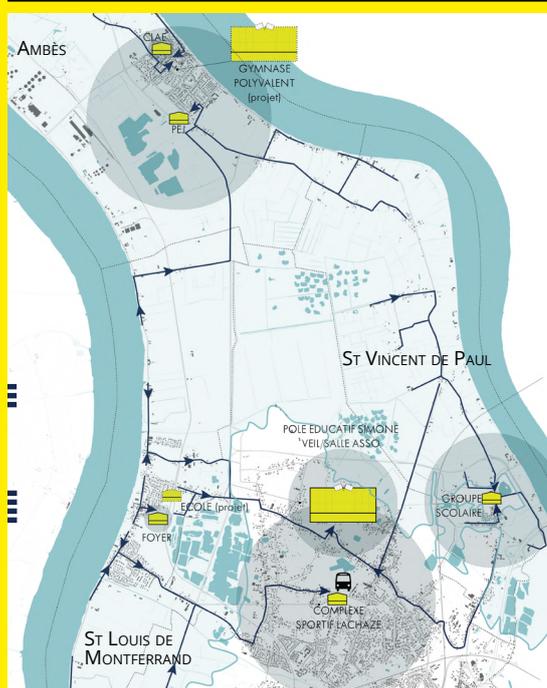
Plus largement, le CHU Grenoble-Alpes est engagé dans une démarche de résilience sur les bâtiments existants et les constructions nouvelles.



Nouveau plateau technique du CHU et sa passerelle d'accès hors d'eau  
© Grenoble Alpes Métropole / Lucas Frangella  
© CHU de Grenoble Alpes / Pascal BEAU architecte

## Presqu'île d'Ambès

### Bordeaux Métropole



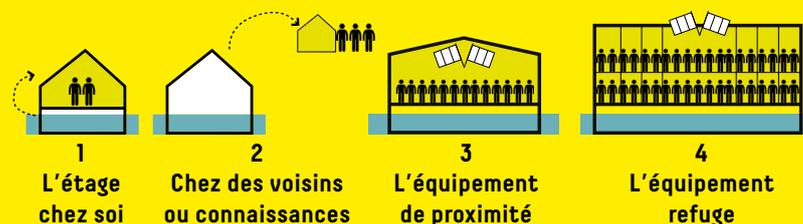
La presqu'île est un territoire enclavé qui comprend un important nombre de personnes vulnérables (estimation de 2900 habitants).

La Métropole de Bordeaux a donc structuré un réseau de refuges publics réunissant trois communes inondables et une commune « refuge ».

Ces refuges sont localisés dans des équipements publics comme des écoles ou équipements sportifs, qui pourront fonctionner de manière autonome pendant l'inondation même en cas de coupure des réseaux (routes, eau, électricité...). Les équipements refuges sont conçus selon des principes de multifonctionnalité (ex : une école fait partie du dispositif) et de réversibilité des usages.

La création de ce réseau de refuge interconnectés s'accompagne naturellement d'une politique de gestion de crise adaptée et d'importants moyens de sensibilisation.

#### 4 niveaux de refuges





## Je valorise les secteurs inconstructibles



Considérer les secteurs inconstructibles, publics et privés, comme une opportunité pour l'opération, en leur affectant un usage qui améliore la gestion de l'inondation et le cadre de vie au quotidien.



© CC Pays de l'Arbresle / Urbi et orbi

Le réaménagement du parc du Bigout à l'Arbresle se compose d'espaces de natures diverses, qui répondent chacun à des attentes différentes : jardins privés au nord, parc public de part et d'autre du lit mineur, jardins partagés publics au sud.

Le renouvellement urbain en zone inondable implique, comme cela a déjà été explicité, de ménager de la place pour l'eau, que cela soit pour son expansion ou pour son écoulement.

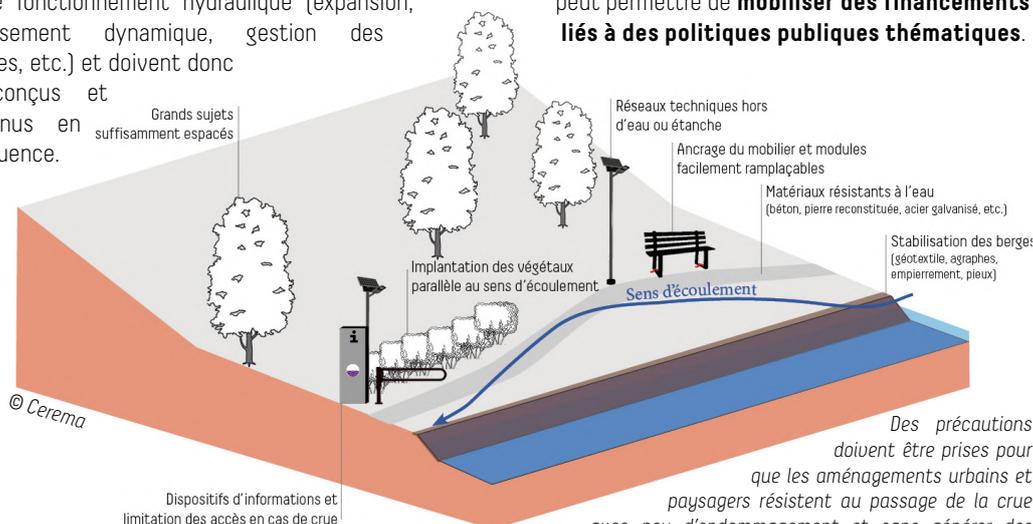
L'inconstructibilité des espaces les plus exposés, en particulier lorsqu'ils sont dans les zones préférentielles d'écoulements, peut rapidement devenir une contrainte économique pour le projet ; un coût d'aménagement sans recette de cession foncière en retour.

Tout l'enjeu est donc de **réussir à donner une valeur à ces espaces afin qu'ils deviennent un atout du projet**. De plus, ces espaces jouent un rôle crucial dans le fonctionnement hydraulique (expansion, ralentissement dynamique, gestion des embâcles, etc.) et doivent donc être conçus et entretenus en conséquence.

Cette valorisation peut se traduire classiquement par des aménagements à **vocation de loisirs** (parc, équipement sportif, etc.) qui participent :

- À une stratégie d'attractivité des programmes immobiliers situés à proximité afin de faciliter la commercialisation en mettant en avant les qualités paysagères du site ;
- Via la multifonctionnalité, à optimiser les dépenses d'investissement.

Elle peut également se traduire par le renforcement et la reconnaissance du rôle écologique ou agricole de ces espaces. Outre le volet cadre de vie déjà cité, cela peut permettre de **mobiliser des financements liés à des politiques publiques thématiques**.



© Cerema

Des précautions doivent être prises pour que les aménagements urbains et paysagers résistent au passage de la crue avec peu d'endommagement et sans générer des perturbations hydrauliques ou des embâcles susceptibles d'aggraver le risque en aval.

# Les trois bassins de rétention du Verderet

## Eybens

Suites aux crues de 1968 et 1991, trois bassins ont été aménagés afin de diminuer le débit de pointe du Verderet en cas de crue.

Ils ont la particularité d'avoir été conçus comme des espaces publics utilisables au quotidien : vélodrome, parc urbain, espaces agricoles (fauche, pâturage, maraichage), etc.

Ces ouvrages à usages multiples sont équipés de dispositifs d'alarme et de barrières connectés au système de suivi et l'alerte du cours d'eau. L'ensemble est intégré dans le dispositif de gestion de crise.

*Nota bene* : dans le cas du vélodrome, le remplissage et la vidange se font par des canalisations enterrées reliées au torrent, ce qui augmente le risque d'obturation et donc de fonctionnement partiel de l'ouvrage.

*Nota bene* : le parc, dans le prolongement du parc des Ruires est précédé par un bassin de dissipation qui est clôturé.



Bassin écrêteur du Verderet faisant office de vélodrome  
© Lucas Frangella/Grenoble-Alpes Métropole

## ZAC Saint Serge

### Angers



Le projet s'appuie sur un remodelage du terrain, avec un équilibre sur les déblais-remblais et une transparence hydraulique, qui canalise l'eau vers un parc inondable et permet de mettre hors d'eau les rez-de-chaussée, sans emmarchement ou de faible hauteur. Ce bassin de rétention perméable est connecté au collecteur de Jérusalem, système de récupération des eaux de pluie d'un bassin versant voisin. Ainsi, selon les scénarios, le parc contribue à gérer les eaux de ruissellement ou agit comme champ d'expansion de la Maine sans débordement.





# Je conçois mon bâtiment

Adapter l'opération immobilière à son niveau  
d'exposition et intégrer qualitativement les  
solutions techniques

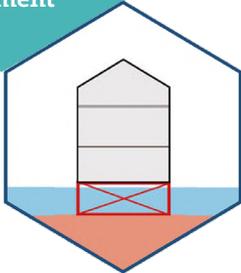


La prise en compte du risque inondation à l'échelle du bâtiment peut se fonder selon trois stratégies d'adaptation :

- **Éviter, en s'implantant au-dessus des plus hautes eaux ou en-dehors de la zone inondable.** Cette stratégie s'adapte essentiellement aux projets neufs ;
- **Résister, en empêchant l'eau de pénétrer** par des dispositions architecturales et des dispositifs techniques. Cette stratégie peut être mobilisée dans le neuf comme l'existant pour des crues inférieures à 1 mètre d'eau et 48 h d'immersion.
- **Céder, en laissant l'eau pénétrer** dans le bâtiment et en adaptant les usages et la construction. Cette stratégie peut être mobilisée dans le neuf comme l'existant quand les deux autres stratégies ne sont pas pertinentes.

En fonction de la nature du projet, des différents usages prévus dans l'opération et des contraintes d'aléas, **les différentes stratégies peuvent également être combinées** pour s'adapter aux vulnérabilités et aux contraintes techniques de chacun.

Que ce soit en déclinaison d'une opération d'aménagement d'ensemble ou dans le cadre d'une opération en diffus, le choix d'une stratégie plutôt qu'une autre doit être en cohérence avec la stratégie de gestion de crise (procédures de mise à l'abri préventive ou de maintien sur place des populations).



## Stratégie éviter Je construis au-dessus de la crue



**Positionner les bâtiments hors d'atteinte de l'eau, soit par l'implantation sur les espaces les moins exposés de l'unité foncière ou par la surélévation de la construction.**

Il s'agit de **la stratégie la plus efficace contre les dommages directs** : elle consiste à éviter autant que possible le danger en veillant à **implanter le bâti dans la zone la moins exposée du tènement et au-dessus des plus hautes eaux** (vide sanitaire, pilotis, etc.).

Si le périmètre de l'opération ne permet pas de localiser le projet sur un secteur de moindre exposition (« **éviter horizontal** »), la surélévation est alors la seule solution (« **éviter vertical** »). Sa mise en œuvre suppose néanmoins des **précautions du point de vue** :

- **de l'insertion urbaine** (paysage urbain, animation des rez-de-chaussée, etc.) (cf. infra) ;
- **du confort d'usage** du bâtiment (accessibilité des personnes à mobilité réduite, accès aux espaces extérieurs, etc.) ;
- **de la pérennité de l'aménagement** (aménagement du rez-de-chaussée, entretien des vides sanitaires, etc.) (cf. infra) ;
- **des techniques constructives** (résistance au risque sismique, résistance aux chocs et embâcles, machines lourdes ou vibrantes, etc.) ;
- **des réseaux qui desservent le bâtiment** (s'ils n'ont pas été pensés pour être résilients, le bâtiment ne sera pas exploitable malgré la mise en œuvre de la stratégie éviter).

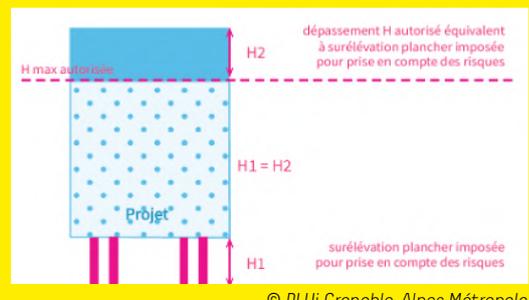
Cette approche est **essentiellement mobilisable pour les projets neufs** et doit être anticipée très en amont. Dans l'existant, elle implique de banaliser les rez-de-chaussée, ce qui se traduit par une perte de surface

exploitable et donc un déficit d'opération.

L'équilibre économique d'une telle opération nécessite donc des subventions, un changement de destination vers des usages plus rentables et moins vulnérables ou une densification par surélévation (si la structure du bâtiment et les règles d'urbanisme le permettent).

### Bonus constructif

Afin de compenser la perte de surface de plancher, le PLUi de Grenoble-Alpes Métropole autorise un bonus de hauteur aux constructions lorsqu'une surélévation du plancher habitable est prescrite pour répondre à des enjeux de prévention des risques d'inondation (hors protection patrimoniale). La hauteur maximale autorisée est alors augmentée de la surélévation imposée du premier plancher habitable. Cela peut néanmoins poser des problèmes d'insertion dans les gabarits existants et donc d'acceptabilité par les riverains.



© PLUi Grenoble-Alpes Métropole



La métropole grenobloise étant soumise à un risque sismique moyen (Zone 4), l'utilisation de pilotis demande une attention particulière. Lorsque cette solution est retenue, elle demande alors d'être soigneusement dimensionnée. La structure du bâtiment devra en effet se conformer aux [règles simplifiées](#) pour les maisons individuelles ou d'habitat en bande de niveau maximal R +1 + combles, et au [Eurocode 8](#) sinon.

La structure devra également être dimensionnée pour résister à des risques de chocs dus à des embâcles et enfin s'adapter à la topographie et aux éventuels risques d'instabilité du sol.

# Surélévation et traitement des rez-de-chaussée

La surélévation est en contradiction avec les objectifs d'animation des rez-de-chaussée et questionne l'intégration urbaine et paysagère des constructions. Les contraintes et solutions ne sont évidemment pas les mêmes selon que la rehausse est de 50 cm ou de plusieurs mètres :

- Décoration des façades ou végétalisation des pieds des constructions pour éviter un effet « mur aveugle » ;



*Ouverture et sur-élévation du cœur d'îlot,  
Rue d'Algésiras à Vitry*



*Traitement architectural du socle  
Rue de Verdun à Amiens*

- Mise en scène architecturale pour mettre en valeur la singularité du bâtiment ;



*Scénographie des coursives à Irvy Confluence  
© OPH ivry / Atelier du pont / Yok Yok / Photo thui shimmura*



*Coupe du rdc transparent du projet Wood sur la Presqu'île de  
Grenoble © VINCI Immobilier / ECDM / JEUDI.WANG*

- Intégration de coursives urbaines à l'échelle d'un îlot ou d'un quartier pour proposer un rez-de-chaussée supérieur non inondable ;



*Nouvel Air à Saint-Pierre-des-Coprs  
© Gourdon architecte*

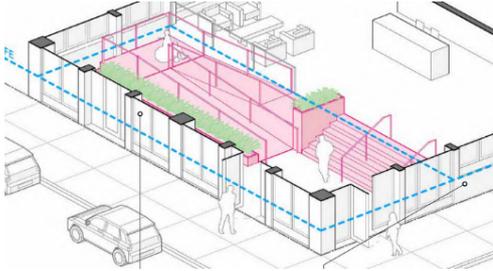


*Passerelle de l'opération Blancherie à Montbelliard  
© Neolia*

## L'accessibilité des niveaux surélevés

La surélévation rend plus complexe le respect des normes d'accessibilité. Là aussi, en fonction des hauteurs d'eau, les solutions techniques ou architecturales ne sont pas les mêmes :

- **L'intégration de rampes dans les halls ou en façade** permet de gérer les hauteurs faibles jusqu'à 50 cm (soit une rampe de 10 m à 5%) ;

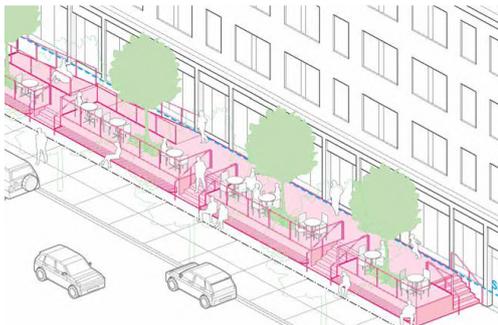


© Coastal Flood Resilience Design Guidelines -Boston  
Planning and Development Agency



Intégration de la rampe dans la façade de l'immeuble

- A l'échelle d'un ensemble immobilier ou d'un quartier, la mise en place de **circulations accessibles dans l'espace public**, en parvis, ou par l'aménagement des accès via les cœurs d'îlots permet de gérer des hauteurs modérées ;

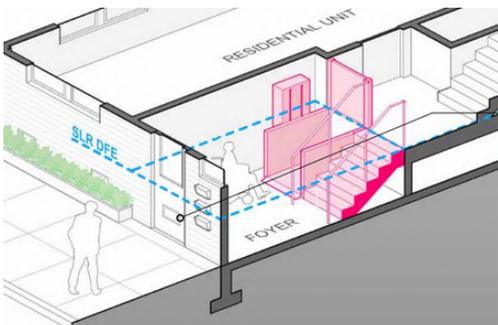


© Coastal Flood Resilience Design Guidelines -Boston  
Planning and Development Agency

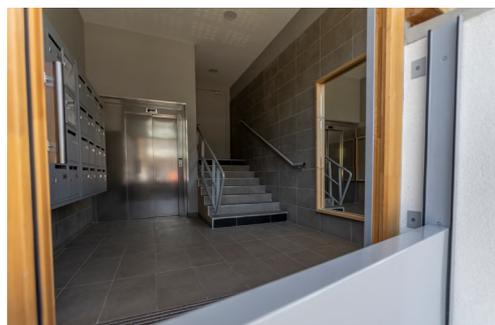


Intégration de la rampe dans l'espace public

- **L'installation d'ascenseurs ou d'élévateurs reste la seule solution pour les hauteurs importantes.** Il convient alors de prendre des dispositions pour limiter l'endommagement des appareils (groupe de traction et circuit électrique hors d'eau, capteur d'eau dans le fond de cuvette bloquant l'ascenseur, solution de vidange de la cuvette, etc.) ;



© Coastal Flood Resilience Design Guidelines -Boston  
Planning and Development Agency



Hall d'immeuble avec batardeaux à Eybens  
© Lucas Frangella/Grenoble-Alpes Métropole

## Maîtrise des usages en-dessous des plus hautes eaux

La surélévation pose enfin la question de l'usage des espaces inondables (vide sanitaire, rez-de-chaussée, espaces sous les pilotis, etc.) qui pourraient à terme être aménagés ou devenir des délaissés peu qualitatifs. Il convient donc :

- A minima d'inscrire dans les actes notariés que ces espaces ne doivent pas être aménagés et faire l'objet d'un entretien régulier afin de maintenir une bonne aération ;
- Dans cette optique, les aménagements doivent également faciliter et inciter les usagers à suivre ces prescriptions (traitement paysager des sous-bassements, trappes permettant l'accès pour vérification des ouvrages, etc.).



*Soumis à un aléa de remontée de nappe, le cœur d'îlot est aménagé tel une noue (la gestion par un bailleur social garantit la pérennité de l'usage) - © Emmaüs Habitat - Daufresene-le Garrec & associés - Laurence Jouhaud*

Lorsque les hauteurs sont suffisantes, il est possible d'utiliser ces espaces inondables pour **aménager les places de stationnement** nécessaires au bâtiment (cette solution est à mi-chemin entre la stratégie «éviter» et la stratégie «céder»). Il est alors nécessaire d'informer les usagers sur le caractère inondable du stationnement et assurer le plus possible la transparence hydraulique. Dans les secteurs d'écoulements, des dispositifs doivent empêcher les véhicules d'être emportés (potelets ou barrières solidement ancrés, dénivelés, etc.).



*Rez-de-chaussée transparent et végétalisé - opération Alliance à Vizille  
© Pluralis / Brenas Doucerain architectes*

# Implantation de l'entreprise Aledia Champagnier



© Amma architecte et Stéphane Plisson - architecte urbaniste

Aledia est une entreprise fabricant des semi-conducteurs (microLED 3D) pour la fabrication d'écrans qui s'est implantée (livraison début 2023) à Champagnier, au sud de la Métropole grenobloise. Le site de 9ha doit accueillir à terme 550 nouveaux emplois directs.

La ZAC du Saut du Moine sur laquelle l'entreprise est implantée est exposée à un aléa faible de remontée de nappe avec des prescriptions inscrites dans le règlement de ZAC. Une surélévation du bâtiment de 50 cm est obligatoire. Les unités de production sont composées de salles blanches accueillant des machines dont le coût est très élevé et qui demandent par conséquent d'être protégées de toute pénétration d'eau éventuelle.

Pour répondre à cet objectif d'adaptation au risque inondation, le projet a été développé par Elegia et conçu par amma architecte et Stéphane Plisson - architecte urbaniste.

Afin de s'adapter aux aléas inondation présents sur leur site, Aledia et Elegia ont choisis de s'appuyer sur plusieurs stratégies d'adaptation :



**En premier lieu, les bâtiments de production et tertiaires ont privilégié la stratégie « EVITER ».** La surélévation de 50 cm permet d'assurer la mise hors d'eau du plancher, primordiale au vu du coût élevé des équipements présents (zones violettes sur le plan ci-contre).



**Les «utilities», les espaces de stockage et le poste de garde ne pouvaient pas être surélevés** pour des raisons d'usage. **La stratégie d'adaptation déployée est alors « RESISTER »** avec des batardeaux positionnés au niveau des ouvertures (espaces en orange sur le plan ci-contre).



**Enfin, les «facilities» et certains espaces de stockage, peu sensibles à l'eau, ont pu être positionnés en stratégie « CEDER »** (en vert sur le plan ci-contre). Les matériaux et équipements ont alors été choisis pour ne pas être sensibles à l'eau. A l'intérieur de ces espaces, une stratégie hybride a pu être développée sur certaines facilities qui ne pouvaient pas être surélevées pour des raisons de fonctionnement et la largeur des ouvertures ne permettait pas non plus l'installation de batardeaux. Dans ce cas, les pièces sensibles ont été isolées à l'intérieur des bâtiments (murs et batardeaux qui rendent imperméables ces équipements).

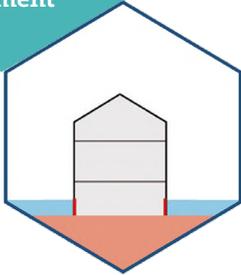


Protection des bâtiment vis-à-vis du risque inondation  
(en violet les surélévations, en orange les espaces protégés par des batardeaux, en vert les espaces transparents)

© Amma architecte et Stéphane Plisson - architecte urbaniste

Grâce à cette multitude de stratégies d'adaptation, l'entreprise Aledia dispose d'une unité de production sûre et fonctionnelle répondant aux besoins de cette entreprise de production à haute valeur ajoutée.





## Stratégie résister J'empêche l'eau d'entrer



Mettre en œuvre des solutions techniques et architecturales pour empêcher ou retarder l'entrée de l'eau dans les bâtiments malgré son exposition à l'aléa.



Une telle stratégie nécessite d'être particulièrement vigilant quant aux capacités structurelles du bâtiment à résister à la pression hydrostatique et hydrodynamique de l'eau sur les parois, aux éventuels chocs dus à des matériaux transportés par la crue et à la poussée d'Archimède. En première approche cette stratégie est à réserver à des inondations générant :

 1 mètre d'eau maximum (sauf exception demandant un dimensionnement spécifique de la structure du bâtiment et des équipements de protection).

 Une immersion de 48 h maximum, au-delà de cette durée, l'étanchéité ne peut être assurée et l'eau finira par s'infiltrer.

Au-delà d'une certaine pression de l'eau, il convient donc de prévoir des événements d'inondation pour laisser l'eau pénétrer afin de ne pas menacer l'intégrité structurelle du bâtiment.

Cette stratégie concerne notamment :

- les bâtiments existants
- les projets dont les dommages seraient particulièrement coûteux
- les projets dont l'inondation aurait des effets dominos pour le territoire importants.

Elle a pour objectif d'empêcher autant que possible l'entrée de l'eau dans le bâtiment, **en identifiant et traitant l'ensemble des voies d'eau potentielles** :

- Ouvertures (portes, fenêtres) ;
- Gaines techniques et passages de réseaux ;
- Aérations ;
- Joints de dilation ;
- Joints de maçonneries endommagés ;
- Cours anglaises.

La solution la plus efficace pour protéger ces voies d'eau est de les **positionner au-dessus des PHE**. Lorsque cela n'est pas possible, notamment pour les bâtiments existants, il est alors possible de les protéger par des **dispositifs d'étanchéification** :

- **Permanents** :
  - Membrane d'étanchéité ;
  - Clapet anti-retour ;
  - Barrière anti-inondation activée par la montée de l'eau ;
  - Porte étanche ;
  - Colmatage des joints de maçonnerie ;
- **Amovibles, qu'ils soient automatiques ou non** :
  - Batardeaux ;
  - Digues amovibles.

Dans tous les cas, il convient de **placer les ouvertures sur les façades qui sont les moins exposées** pour les protéger de la force du courant et des éventuels objets transportés (embâcles). Le cas échéant, **un mur déflecteur correctement dimensionné peut permettre de canaliser les écoulements** afin de protéger les ouvertures.

Que ces dispositifs soient permanents ou amovibles, il est nécessaire de prévoir leurs conditions d'entretien (ex : les clapets anti-retours sont susceptibles de coincer des débris). Pour les dispositifs amovibles, il est également nécessaire de prévoir leurs conditions d'utilisation :

- Où les dispositifs sont-ils entreposés ?
- Quand doit-on les déployer ?
- Qui doit les déployer et comment ?
- Comment doit-on les entretenir ?

Pour être opérationnel, le mode opératoire doit être répété régulièrement via des tests de mise en œuvre.



Entreposage sans protection de batardeaux provoquant une détérioration des joints

## Dispositifs de protection



Batardeau en protection individuelle  
© EPTBMM



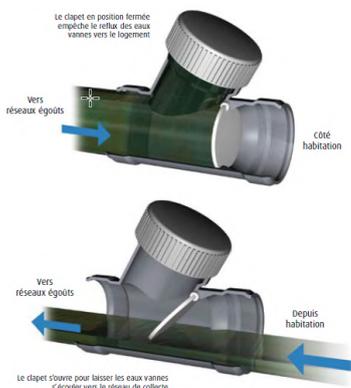
Porte étanche à l'entrée de l'école Diderot à Grenoble  
© Ville de Grenoble



Porte étanche au CHU de Grenoble-Alpes  
© CHUGA



Murs déflecteurs permettant de canaliser les écoulements et de protéger les ouvertures (ici à Eybens et Murianette)  
© Lucas Frangella/Grenoble-Alpes Métropole



Clapet anti-retour  
© DGALN

Sur des bâtiments existants, si la protection jusqu'à la crue de référence n'est pas possible pour des questions techniques ou économiques, il peut toutefois être pertinent de les protéger des crues les plus fréquentes afin de réduire les dommages causés par les phénomènes plus récurrents. La pertinence de cette stratégie est moindre pour les secteurs protégés par des digues qui ne sont, *a priori*, pas soumis aux crues les plus fréquentes.

Si l'objectif de la stratégie résister est d'empêcher l'eau de pénétrer, des infiltrations ou une défaillance sont toujours possibles. Il est donc indispensable de prévoir des dispositifs d'évacuation de l'eau : seuils bas, point bas permettant l'installation d'une pompe ou une évacuation gravitaire, etc.).

# Pressions de l'eau

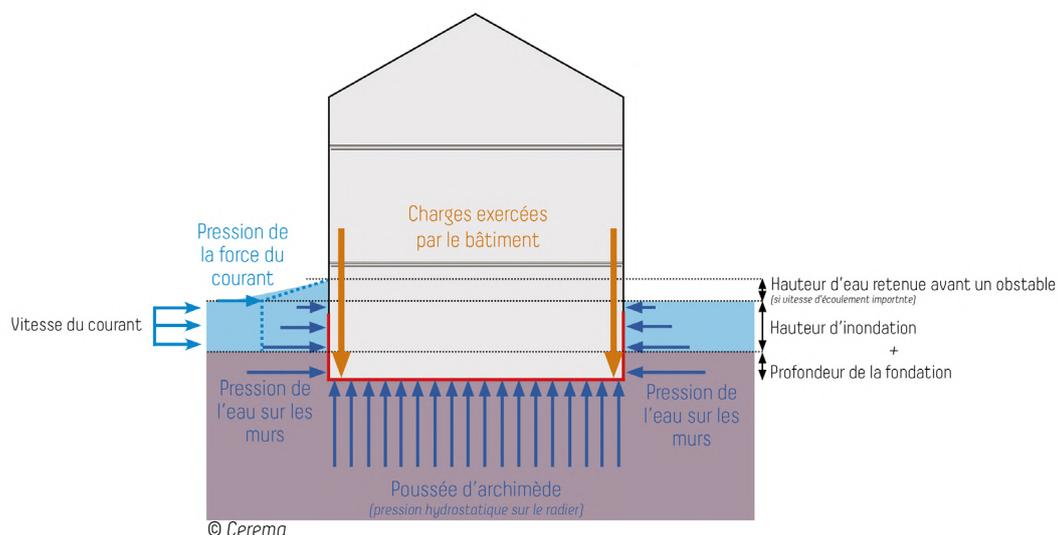
Le choix de la stratégie «résister» implique lors de l'inondation, par débordement ou remontée de nappe, de prendre en compte les pressions hydrostatiques et hydrodynamiques. L'eau va exercer des pressions sur les parois du bâtiment qui vont augmenter au fur à mesure que le niveau d'eau monte :

- **La poussée d'Archimède** peut soulever le bâtiment si aucune disposition n'a été prise pour que le poids de l'ouvrage soit supérieur (et *in fine* laisser l'eau pénétrer pour équilibrer les forces). Cela peut entraîner des dommages à la structure du bâtiment ou aux réseaux. Cela concerne essentiellement les bâtiments de faible hauteur dont le poids ne suffit pas à résister à cette poussée.
- **Les pressions latérales hydrostatiques** (poids de l'eau et des matériaux transportés) peuvent également provoquer la rupture des murs si ceux-ci n'ont pas été suffisamment dimensionnés. Au-delà d'une certaine hauteur d'eau (1 m en dehors de dimensionnements spécifiques), il convient de laisser l'eau pénétrer pour équilibrer les forces.

Pression hydrostatique = densité x accélération de la pesanteur x (hauteur inondation + profondeur fondation)

- **Dans le cas d'écoulements avec des vitesses importantes, le courant exerce une force hydrodynamique supplémentaire** sur les parois.

Pression hydrodynamique = densité de l'eau x vitesse écoulement<sup>2</sup> x résistance à l'écoulement du bâtiment  
( >1 m/s ) ( 1.25 - 2 selon la longueur de la paroi exposée et la hauteur de l'inondation : [Cf. guide [Construire en montagne : la prise en compte du risque torrentiel](#) Page 76]



*N.B. : au-delà d'une vitesse d'écoulement de 2 m/s, une érosion peut également survenir au niveau des fondations exposées. Les risques de chocs dus à des matériaux transportés ou de surcharge due à un dépôt de matériaux sont également augmentés [Cf. guide [Construire en montagne : la prise en compte du risque torrentiel](#)]*

# Le projet Spring Grenoble Presqu'île

Le projet, porté par **Demathieu Bard Immobilier, Nacarat et conçu par Baumschlager Eberle Architectes pour le BEA**, est situé derrière une digue non submergée pour la crue de référence, mais le Plan de Prévention des Risques d'Inondation intègre la prise en compte d'un risque de brèche. Le site est donc concerné par un aléa fort à très fort, lié à des vitesses importantes (hauteur d'eau de 70 cm et vitesses d'écoulements jusqu'à 1,5-2 m/s). L'axe d'écoulement provenant du sud-ouest bifurque vers le nord-est le long de la rue Félix Esclançon avant d'atteindre le bâtiment (qui se trouve sur l'axe principal d'écoulement).

Il a été adapté en combinant les trois stratégies :



**Stratégie éviter** : les usages commerciaux prévus en rez-de-chaussée ont été déprogrammés ;



**Stratégie résister** : les équipements sensibles qui ne peuvent pas être déplacés dans les étages, ainsi que le parking souterrain, sont protégés par des portes étanches et des batardeaux ;



**Stratégie céder** : le rez-de-chaussée accueille un parking inondable. La pénétration de l'eau s'opère par la rampe d'accès au jardin et les façades qui sont toutes deux ajourées (platelage bois et barreaudage). Un hall secondaire inondable a également été maintenu.

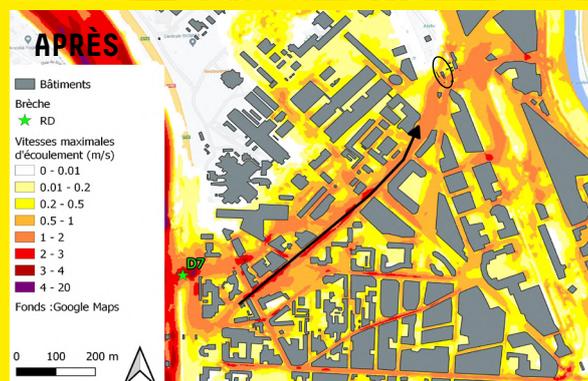
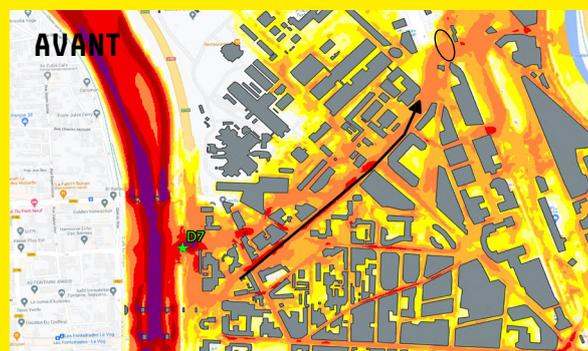
Enfin des solutions techniques limitent les accès aux zones inondées durant la crue (arrêt des ascenseurs, fermeture des portes, signalétiques, etc.).

Dans ce cas complexe (zone d'écoulements préférentiels, transparence partielle, relief, etc.), une étude hydraulique a été nécessaire afin de démontrer l'absence d'incidence sur les avoisinants. Une étude d'incidence hydraulique a été réalisée par le bureau d'étude Ingérop, sous le pilotage d'Artelia, pour qualifier finement l'aléa en situation initiale et projet, ainsi que pour définir l'incidence hydraulique du bâtiment projeté, et les modifications à y apporter afin de limiter ses impacts.

Dans sa configuration initiale, le projet générerait de fortes incidences sur les tiers, localement supérieures à 20 cm. Plusieurs configurations (murs fusibles dans la partie sud du bâtiment, bâtiment sur pilotis au niveau de l'axe d'écoulement majeur, calage au terrain naturel du bâtiment, etc.) ont été envisagées et modélisées afin d'aboutir à une incidence limitée sur les tiers.

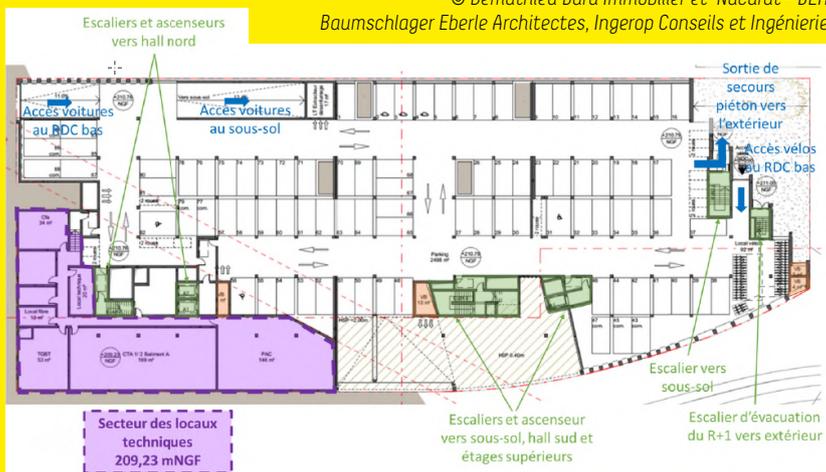


Perspective de la façade exposée du bâtiment  
© Demathieu Bard Immobilier et Nacarat - BEA  
Baumschlager Eberle Architectes

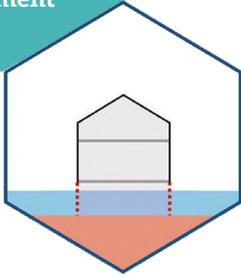


Modélisation des vitesses maximales d'écoulement avant et après projet. Seules les parties du bâtiment n'étant pas construites en stratégie « céder » sont représentés. La transparence hydraulique du bâtiment permet de conserver les axes d'écoulements initiaux

© Demathieu Bard Immobilier et Nacarat - BEA  
Baumschlager Eberle Architectes, Ingerop Conseils et Ingénierie



Plan du rez-de-chaussée inondable  
© Demathieu Bard Immobilier et Nacarat - BEA  
Baumschlager Eberle Architectes



## Stratégie céder J'aménage un rez-de-chaussée peu sensible à l'eau



Accepter la pénétration de l'eau au sein de l'opération et adapter l'architecture, les matériaux et les usages à cette éventualité afin de réduire les dégâts

Cette stratégie consiste en une inondation volontaire et maîtrisée, où l'entrée de l'eau dans le bâtiment est contrôlée. Elle est privilégiée quand les stratégies éviter et résister ne sont pas pertinentes.

Elle présente l'avantage de favoriser le libre écoulement de l'eau, et de laisser la place à la crue pour s'étaler, limitant ainsi la montée du niveau d'eau.

Accepter de laisser rentrer l'eau implique de prendre toutes les mesures nécessaires pour réduire les dommages liés à l'immersion. Outre le coût des dommages directs, l'enjeu est également de faciliter le séchage des bâtiments après l'inondation, l'humidité étant source de désordres structurels ou de santé (infestations phyto et zoo-parasitaires). Cela implique trois adaptations du projet :

- **Privilégier les usages peu vulnérables :**
  - **Des usages qui n'impliquent pas de présence humaine** prolongée comme les parkings, les garages à vélo, les caves, annexes, etc.
  - En fonction du niveau d'aléa et de la localisation du projet, dans le respect des règles du PPRI, **des usages économiques (commerces, bureaux, artisanat, industrie, logistique), qui n'accueillent pas d'hébergement.**
- **Aménager des ouvertures :**
  - **Bardage ajouré** pour les parkings et locaux annexes.
  - **Les portes ou baies vitrées devront être maintenues ouvertes ou pouvoir s'ouvrir d'elles-mêmes sous la pression de l'eau comme des «fusibles».** L'installation de grilles ou rideaux métalliques est alors conseillée afin de garantir la sécurité du local et limiter la pénétration d'embâcles.
  - **Éléments de structure positionnés afin d'être transparents** sur le plan hydraulique.
- **Mettre en œuvre des matériaux et équipements peu ou pas sensibles à l'eau :**
  - **Mise hors d'eau de l'ensemble des équipements sensibles** (tableau électrique, vanne gaz, armoire fibre, centrale de traitement

de l'air, groupe de traction des ascenseurs, appareil de chauffage, etc.) soit par surélévation au sein du bâtiment (plateforme, installation dans les étages ou sur le toit), soit par l'aménagement d'un local étanche (cf. stratégie résister).

- **L'alimentation électrique des espaces inondables se fera par des réseaux séparatifs descendants**, afin de favoriser un retour à la normale rapide.
- **Utilisation de matériaux peu sensibles** en termes de porosité, de stabilité et de capacité de séchage (béton, résine, aluminium ou acier inoxydable, céramique, PVC, polystyrène, etc.). A défaut, la facilité de remplacement suite à une crue sera recherchée (positionnement de joints au dessus des plus hautes eaux par exemple).
- **Mise en place de dispositifs d'évacuation de l'eau** (seuils bas pour le nettoyage des rez-de-chaussée, point bas permettant l'installation d'une pompe ou d'une évacuation gravitaire pour les sous-sols inondables, etc.).

### Mise en sécurité des personnes et des biens

L'aménagement du bâtiment et le plan de gestion de crise associé doivent garantir la sécurité des occupants. Cela passe par la mise en place de dispositifs d'alerte et de chemins d'évacuation clairs et fonctionnels vers des secteurs non inondables (*Nota bene* : l'ouverture des portes doit être possible malgré la pénétration d'eau dans le bâtiment ; 30 cm d'eau suffisent à l'empêcher) ; Pour les biens, il s'agit de n'entreposer que des biens aisément déplaçables, sans valeur ajoutée importante, et inoffensifs pour l'environnement. Les stocks ainsi que le matériel critique pour les entreprises ont eux vocation à être protégés en les mettant hors d'eau, en les protégeant spécifiquement (porte étanche, barrière anti-crue ciblée, etc.) ou pour l'informatique en sauvegardant les données sur un serveur distant.

## Sensibilité des matériaux à l'immersion

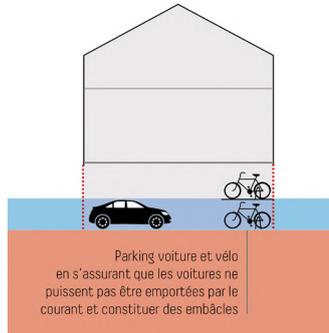
| Matériaux                             | Résistance à l'eau |         |          | Remarques   |
|---------------------------------------|--------------------|---------|----------|---|
|                                       | Bonne              | Moyenne | Mauvaise |   |
| Chaux                                 | X                  |         |          |   |
| Plâtre                                |                    |         | X        |   |
| Terre cuite                           | X                  | X       |          |   |
| Ciment                                | X                  |         |          | Pas d'incidence de la durée   |
| Béton cellulaire                      |                    | X       |          |   |
| Granite                               | X                  |         |          |   |
| Grès                                  |                    |         | X        | Le grès cérame à une bonne résistance   |
| Marbre                                |                    |         | X        |   |
| PVC                                   | X                  |         |          |   |
| Bitume                                | X                  |         |          |   |
| Aluminium/inox                        | X                  | X       |          |   |
| Bois                                  |                    |         | X        |   |
| Textile                               |                    |         | X        |   |
| Résines époxydes                      | X                  |         |          |   |
| Linoléum                              |                    |         | X        |   |
| Isolant en fibre végétale ou minérale |                    |         | X        | Une isolation par l'extérieur est plus facilement remplaçable                       |
| Isolant en plastique alvéolaire       |                    | X       |          | Aucun isolant n'est aujourd'hui qualifié pour résister à une immersion sans dommage |
| Verre                                 | X                  |         |          | Risque de rupture si différentiel de pression<br>Risque de détérioration des joints |

Les constructions sont plus souvent composées de matériaux différents posés en multicouches. C'est donc ce complexe constructif qui devra faire l'objet d'une évaluation et non chaque matériau pris indépendant.

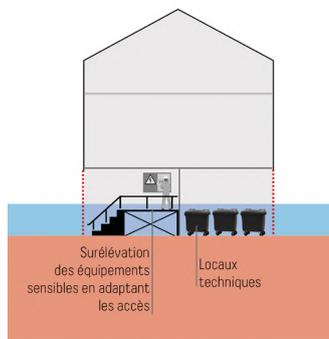
L'utilisation de matériaux adaptés à l'inondation peut être généralisée à l'ensemble du bâtiment ou au contraire n'être retenue que pour la partie potentiellement immergée, pour des questions de coût ou afin de matérialiser la ligne des plus hautes eaux et ainsi participer à la culture du risque.

Pour aller plus loin : [Le bâtiment face à l'inondation Diagnostiquer et réduire sa vulnérabilité](#)

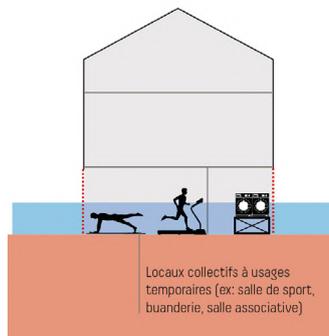
# Usages possibles sous les plus hautes eaux



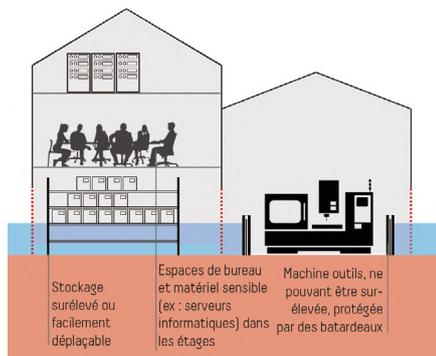
Garages et celliers au rdc de l'immeuble Pré Pinguet - Saumur  
Atome architecture + DcB architectes - © Saumur Habitat



Plateforme technique surélevée  
© VKF/AEAI



Communs en rdc de la résidence Marie Reynoard à St-Martin d'Hères  
© Crous / Ameler & Dubois



Muret anti-crue derrière une vitrine commerciale à Grenoble  
© Actis / FLOO architecture

## Prendre en compte la phase chantier

L'intégration du risque dans un projet d'aménagement ou de construction nécessite de s'intéresser également à la phase chantier. En effet, l'objectif de réduction de vulnérabilité visé à terme ne justifie pas d'augmenter la vulnérabilité du site et de ses avoisinants durant les travaux ou durant les étapes intermédiaires pour des grands projets découpés en plusieurs phases.

Dans un certain nombre de cas, la mise en place de mesures de précaution sur le chantier peut être suffisante. Par exemple :

- Privilégier les périodes de l'année durant lesquelles les épisodes de crue sont les moins probables
- Informer les personnels de chantier
- Elaborer un plan d'alerte
- Stocker les engins et les matériaux hors de la zone inondable ou de telle sorte qu'ils soient facilement déplaçables dans les délais de l'alerte
- Evacuer les déchets en continu
- Adapter la base vie
- Arrimer les installations

Par contre, quand le projet prévoit la construction avant la démolition de l'existant ou modifie l'écoulement de l'eau de manière temporaire ou définitive, des mesures plus structurelles peuvent s'avérer nécessaires. Cela suppose d'intégrer cette contrainte dans la conception du projet afin d'atténuer ses impacts technico-économiques, quitte à adapter le phasage, et de la prendre en compte dans le coût de l'opération.

*Le siège de la Caisse d'épargne Rhône-Alpes au sein du quartier Bouchayer-Viallet à Grenoble s'inscrit dans une stratégie d'urbanisation en confortement de digue.*

*Durant la phase chantier, un mur renforcé a dû être mis en place dès la première phase afin que cette super-digue soit fonctionnelle sans attendre la construction du reste du bâtiment. Cela a représenté un surcoût de part les surdimensionnement du mur et les contraintes de travaux.*



*Siège de la Caisse d'Épargne Rhône-Alpes à Grenoble  
© Caisse d'Épargne / SOHO ATLAS IN FINE*



Transformateur en quartier Camille à Grenoble © Cerebra

## Je suis vigilant sur les réseaux

Réaliser des réseaux robustes et résilients afin d'assurer leur fonctionnement durant la crue ou leur rétablissement rapide



Les réseaux qui participent au bon fonctionnement des zones urbaines, peuvent être particulièrement vulnérables à l'inondation : électricité, gaz, téléphone/internet, chauffage urbain, eau potable ou assainissement. Les dommages causés peuvent alors avoir de lourdes conséquences sur les phases de gestion de crise et de retour à la normale post-inondation : problèmes de communication, coupure d'alimentation, maintien sur place impossible, etc.. **Organiser des réseaux résilients, dès leur phase de conception ou à l'occasion d'une intervention sur l'existant, est de fait un enjeu important pour toute la chaîne des acteurs de l'aménagement.**

Quelle que soit l'échelle d'intervention, il convient de s'interroger sur l'objectif visé : s'agit-il de maintenir le bon fonctionnement des réseaux pendant tout l'évènement ou au contraire d'assumer des coupures anticipées (avant la survenue des dommages) pour viser un retour à la normale qui soit le plus rapide possible ? La stratégie à prévoir est-elle la même pour un évènement décennal et un évènement centennal ?



## Je tiens compte de la vulnérabilité des réseaux à l'échelle du territoire

Les dysfonctionnements des réseaux (électricité, télécommunications, eau potable, eaux usées, etc.) peuvent perturber voire interrompre le fonctionnement de tout ou partie du territoire en transmettant leur propre vulnérabilité (ex : une coupure d'électricité ne permet plus d'utiliser les volets électriques non débrayables). Les dégâts causés sur les réseaux peuvent être d'autant plus impactants que leur remise en service ne saura être immédiate après l'évènement.



Construction sur pilotis du transformateur THT de Trans-en-Provence épargné par les inondations du Var en juin 2010  
© Cerema

La **création de nouveaux réseaux** dans le cadre d'un projet d'aménagement urbain repose la plupart du temps sur la prolongation de réseaux déjà existants : les branches nouvellement créées seront par construction fortement dépendantes de la vulnérabilité du reste du réseau existant. **La connaissance de la vulnérabilité des réseaux du territoire sur lequel le projet doit s'implanter permet donc de mesurer les conséquences des coupures de réseaux**, notamment les temporalités et l'ordre de grandeur de temps nécessaire à la remise en service.

**L'enjeu est donc de coordonner la temporalité et les logiques d'adaptation des projets avec celles des gestionnaires de réseaux et des collectivités.** Par exemple, Grenoble-Alpes Métropole investit dans des solutions de redondance pour sécuriser son

approvisionnement en eau potable et ne plus dépendre du seul ouvrage existant qui pourrait être affecté par un dysfonctionnement ou être endommagé par une crue.

**Obtenir une vision claire de ces interactions nécessite de dresser un état des lieux qui vise à lister :**

- Les différents réseaux présents sur le territoire ;
- Leurs niveaux de criticité vis-à-vis du bon fonctionnement urbain ;
- Les facteurs de leur vulnérabilité intrinsèque (sensibilité des installations à la présence de l'eau, difficulté d'absorption, difficulté de remise en marche, etc.) ;
- Les facteurs externes de vulnérabilité (interdépendance des réseaux).

Elaborer un tel état des lieux relève **d'une action ambitieuse des collectivités, en lien étroit avec les différents gestionnaires de réseaux, qu'ils soient privés ou publics.** Il permettra de sensibiliser ces acteurs :

- Connaissance des phénomènes et mise à disposition des données d'aléas ;
- Présentation des difficultés techniques que rencontrent les aménageurs et les constructeurs ;
- Mise en évidence des interdépendances ;
- Mise en discussion des différents gestionnaires entre eux.

Enfin, montrer à quel point les coûts (directs ou indirects) des inondations sur les réseaux peuvent être élevés est un moyen de montrer aux gestionnaires, et à ceux qui en bénéficieront, qu'il est utile d'investir dans des mesures structurelles de prévention dans le cadre de la gestion patrimoniale de leur réseau ou au moment des opérations d'aménagement d'ampleur.



Surélévation des équipements sensibles d'une antenne relais  
© Lucas Frangella/Grenoble-Alpes-Métropole

À ces mesures structurelles, s'ajoutent également les **mesures de gestion de crise** comme par exemple :

- La fermeture à titre conservatoire de certaines parties de l'infrastructure (coupure d'une partie du réseau, interdiction de la circulation sur certains ouvrages d'art) ;
- Le déplacement d'éléments mobiles (stockage de trains vers un secteur non inondable, avec un planning prévu en conséquence, etc.).

# L'interdépendance des réseaux

Les dommages causés à un réseau peuvent se propager d'un type de réseau à un autre (ex : la panne d'électricité peut affecter les antennes relais ou les modems internet), mais également géographiquement, avec des perturbations pouvant se propager en dehors de la zone effectivement inondée (ex : inondation de station d'épuration). Ces « effets dominos » sont la conséquence de l'interdépendance des réseaux illustrée dans le schéma ci-dessous. Dans ce contexte d'interdépendance, réduire la vulnérabilité des réseaux au sens large implique un processus itératif dans lequel les actions de chaque gestionnaire pourra avoir des conséquences positives sur les autres réseaux avec lesquels il est connecté.



Schéma d'interdépendance entre réseaux : en pointillé les interactions spécifiques aux situations d'inondation [source : Guide Orsec Retap'Réseaux]

Pour aller plus loin : [Le territoire et ses réseaux techniques face au risque d'inondation](#)



## J'adapte les réseaux au sein de l'opération d'aménagement

---

**Mettre en œuvre une opération urbaine à l'échelle d'un quartier ou d'un ensemble d'îlots rend parfois nécessaires des interventions lourdes sur les réseaux** (renforcement, modification de la trame urbaine, etc.).

Lorsque de tels (ré-)aménagements de réseaux sont prévus, **agir sur leurs structures et leurs organisations est alors économiquement envisageable**. Comme pour le bâtiment, outre les mesures organisationnelles, trois stratégies peuvent être déployées, seules ou en hybridation entre elles :

- **Les stratégies d'évitement** (surélévation, déplacement en dehors de la zone inondable) ;
- **Les stratégies de résistance** (durcissement, étanchéification) ;
- De manière plus spécifique, **les stratégies de maillage** en multipliant les sources d'approvisionnement, en dédoublant les réseaux ou en compartimentant les secteurs directement exposés.

A cette échelle, la conception des réseaux peut être guidée par **l'objectif général de maintien du fonctionnement des réseaux prioritaires jusqu'à l'évacuation des personnes** et leur rétablissement dès le retour des habitants.

Améliorer la résilience des réseaux au sein d'une opération d'aménagement peut également servir à améliorer le fonctionnement du réseau au-delà du secteur : par exemple en créant un réseau primaire robuste qui facilitera le retour à la normale des quartiers limitrophes.  
Cette opportunité doit pousser les collectivités et les gestionnaires de réseaux à accompagner l'aménageur dans sa démarche.

Pour aller plus loin : [Réduire la vulnérabilité des réseaux urbains aux inondations](#) et [Le territoire et ses réseaux techniques face au risque d'inondation](#)

## J'agis sur les éléments linéaires

Il s'agit principalement des **câbles** (électriques, téléphoniques, etc.) et des **conduites** (de gaz, d'eau potable, d'eau usée, de chauffage urbain), qui peuvent être **enterrés ou aériens**.

De façon générale, **les éléments enterrés sont moins vulnérables que les éléments aériens**. Toutefois, les phénomènes d'affouillement, fréquents dans les secteurs à fortes vitesses d'écoulement (proximité du cours d'eau, axes d'écoulements préférentiels et bandes de précaution notamment), peuvent causer d'importants dommages (déplacements, arrachements, détériorations).

La plus grande vulnérabilité des tronçons aériens vient du fait que les éléments qui les constituent (poteaux notamment) peuvent être directement soumis à la force des écoulements et aux coups portés par les éventuels objets charriés par les eaux. Pour prévenir les dommages, les principales stratégies sont :

- **L'évitement**, en essayant autant que possible de positionner les câbles et conduites en dehors de la zone inondable ou, à défaut, des axes préférentiels d'écoulements dans lesquels les vitesses de l'eau sont les plus importantes.
- L'amélioration de **la robustesse**, en prévoyant **des dispositifs d'ancrage et de protection** visant à minimiser les endommagements (par exemple pour un poteau de réseau aérien : haubanage, jambe de force ou encore jumelage de deux poteaux). Ces mesures concernent évidemment les réseaux aériens ainsi que leurs supports (poteaux, dispositifs d'accrochage des conduites), mais également les **dispositifs d'ancrage des réseaux enterrés** (lorsque ceux-ci n'auront pas pu être situés en dehors des secteurs de grands écoulements).
- **Le compartimentage**, en divisant par exemple les réseaux en îlots afin **d'éviter, en cas de mise en sécurité, des phénomènes de coupures généralisées** à grande échelle.

Enfin, si les éléments linéaires sont en général peu sensibles au contact de l'eau (les problèmes apparaissent en effet au droit des connexions), **leur niveau d'étanchéité peut toutefois être améliorée** : utilisation de câbles à graisse, de gaines protectrices, mise en pression des conduites, etc.

### Cas particulier des galeries multi-réseaux (GMR)

Une GMR accueille différents réseaux urbains, sous la forme de tunnels enterrés à plus ou moins grande profondeur (3 m à 30 m) ou de "caniveaux techniques", dont l'accès se fait directement depuis la surface, par un système de dalles amovibles servant de support pour un trottoir.

Vis-à-vis du risque d'inondation, les GMR permettent :

- de mutualiser la protection offerte,
- de limiter les déformations en cas d'inondation. Les réseaux étant ancrés régulièrement dans la galerie, ils sont moins dégradés qu'en pleine terre où ils ont plus de possibilités de mouvement,
- Après la décrue, l'accès aux réseaux pour d'éventuelles réparations est facilité.

Sur le plan économique et financier, l'investissement de départ est plus important pour une GMR. Il est nécessaire de réfléchir à la répartition des participations entre maître d'ouvrage et gestionnaires de réseaux.

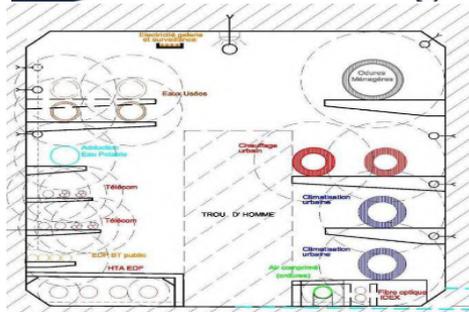
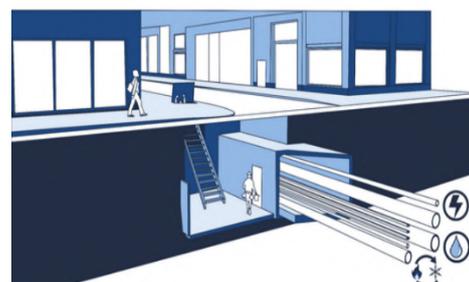


Schéma de la GMR sur l'île Seguin à Boulogne-Billancourt

# J'agis sur les nœuds des réseaux

Les nœuds peuvent être de différentes natures : au sein d'un réseau donné (centres de production, de transformation, de stockage, dispositif de connexion...) ou qui constituent une connexion avec un autre réseau (ce qui crée un lien d'interdépendance).

Il s'agit par exemple :

- Pour l'électricité, des postes de transformation (en particulier les postes HTA/BT 20kV=>230V) ;
- Pour le gaz, des postes de détente (collectifs ou particuliers) ;
- Pour les réseaux de télécommunication, des centraux téléphoniques, des armoires de sous-répartition, des points de concentration ;
- Pour l'eau potable, des réservoirs, des prises d'eau, des stations de pompage et des usines de production ;
- Pour le réseau d'assainissement, des stations d'épuration et des ouvrages annexes (bassins, stations de pompage, déversoirs d'orages) ;
- Pour tous les réseaux, des branchements terminaux chez les usagers (logements, entreprises, équipements).

De manière générale, **ces nœuds constituant les éléments les plus vulnérables des réseaux**, la stratégie à adopter doit être double :

- **Evitement horizontal** : éloigner autant que possible ces éléments des secteurs de fortes expositions (fortes hauteurs d'eau ou vitesses d'écoulement) ;
- **Evitement vertical** : surélever les installations, au-dessus de la hauteur de référence. Cela peut être réalisé en les positionnant au droit de points hauts naturels, ou sur des aménagements conçus spécifiquement à cet effet (remblais, construction) **en tenant compte des contraintes d'exploitation** (accessibilité, plateforme technique, etc.).



Postes de transformation électrique surélevés en zone inondable (© Enedis)

Lorsqu'aucune de ces stratégies n'est possible, il est alors nécessaire d'envisager les stratégies suivantes d'étanchéification des installations :

- **De façon pérenne** : cette solution suppose une vigilance lors de la réalisation pour garantir l'étanchéité, et des contrôles réguliers tout au long de la durée de vie du dispositif au regard des risques de perte d'efficacité des systèmes d'étanchéité (joint, cuvelage, etc.).
- **De façon temporaire** : en mettant en œuvre des mesures de protection temporaires du type barrière anti-inondation. Cette stratégie nécessite que le gestionnaire du réseau ait mis en place **un plan de gestion de crise détaillé et qu'il soit associé aux instances de gestion de crise.**

Enfin, des dispositifs spécifiques peuvent permettre d'identifier et d'isoler les secteurs impactés par l'inondation afin de limiter les effets de propagation.



## Implantation et conception des réseaux en fonction des axes préférentiels d'écoulement

**Les câbles et conduits** sont peu sensibles à l'immersion. En revanche, dans les axes préférentiels d'écoulement, le courant peut occasionner des dommages par érosion ou choc.

**Les nœuds de réseaux** (ex : transformateur haute-tension/basse tension, sous-répartiteur optique, etc.) qui sont les éléments les plus vulnérables, sont sensibles à la fois à l'immersion et aux chocs.

Leur implantation, et leur modification encore plus, répond avant tout à des contraintes techniques et économiques (ex : accessibilité, optimisation du linéaire de réseau amont/aval du nœud, etc.).

**Ainsi, si le plan masse n'intègre pas ces contraintes, les marges de manœuvre seront faibles pour implanter ces équipements** en dehors des secteurs de fortes expositions (hauteur et vitesse d'eau). Seules des solutions techniques et constructives (ex : surélévation, portes étanches, renforcement structurel) pourront être déployées, non sans poser des problèmes économiques, d'entretien et d'insertion paysagère.



Défecteur devant un transformateur GreenAlp place de Sfax à Grenoble, dans l'axe d'écoulement de la rue Félix Escarglon en cas de brèche dans la digue du Drac  
© Cerema



## Je sécurise les réseaux et équipements sensibles à l'échelle du bâtiment

Cette dernière échelle d'intervention concerne principalement les promoteurs et les bailleurs. Cependant, les dispositifs mis en œuvre dans les bâtiments doivent être compatibles avec les stratégies évoquées au paragraphe précédent. Des échanges avec les gestionnaires de réseaux et les aménageurs restent donc nécessaires.

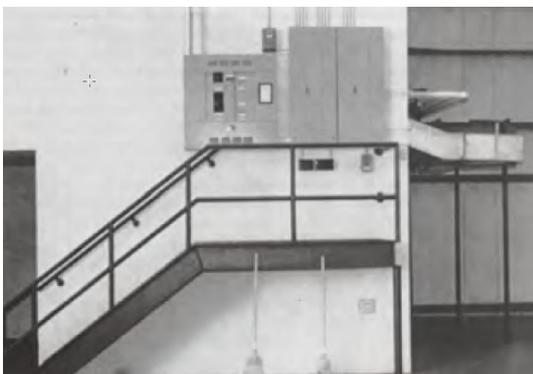
### Je protège les raccordements aux réseaux d'énergie et de télécommunication

**De façon générale, la connexion aux réseaux des compteurs individuels ou collectifs, qu'il s'agisse d'électricité ou de gaz, est à privilégier au-dessus des hauteurs d'eau de référence.** Cela vise à éviter les ennoiements qui créent des courts-circuits électriques et déclenchent des coupures automatiques de la distribution du gaz dès lors que l'eau pénètre dans les événements.



A Quimperlé, avec l'appui de la Ville, GRDF a réalisé de manière coordonnée l'adaptation des compteurs de gaz sur 50 bâtiments existants exposés aux crues de la Laita. L'adaptation consiste idéalement à remonter les compteurs ou, quand cela n'est pas possible, à installer une prise d'air ou évent surélevé.

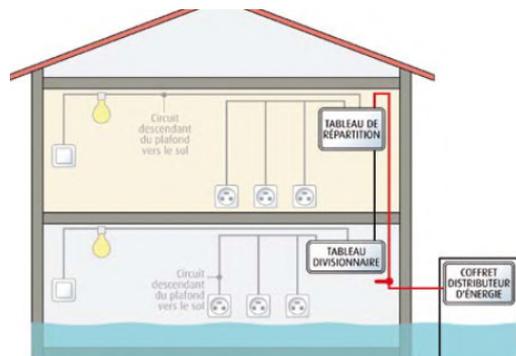
Pour ce qui concerne l'électricité, les tableaux de répartition et les circuits qui y sont liés (prises, interrupteurs, équipements électriques) doivent également être positionnés au-dessus des hauteurs de référence.



Plateforme technique surélevée © VKF/AEAI

Il convient néanmoins d'être vigilant à garantir l'accessibilité aux techniciens de maintenance, hors période de crue, dans de bonnes conditions, éventuellement en mettant en place des plateformes techniques surélevées.

**Pour les parties du bâtiment potentiellement inondables, il est indispensable de prévoir des réseaux séparatifs** descendant depuis les parties du bâtiment hors d'eau ; la partie haute du circuit ne sera ainsi pas impactée par la coupure de la partie basse. Dans ces parties des bâtiments qui sont conçues pour être inondables, il est également nécessaire de surélever le plus possible les prises électriques (soit un maximum de 1,30 m afin de respecter l'accessibilité aux personnes à mobilité réduite).



Principe de séparation des installations électriques situées au-dessus et en-dessous du niveau de référence © MEEDE, 2005

Pour certains bâtiments dits sensibles ou stratégiques au sens de la gestion de crise, l'attention portée à la connexion au réseau électrique peut être insuffisante dans la mesure où la coupure du réseau peut trouver sa cause en dehors du bâtiment. Dans ce cas, il peut être utile de prévoir une **possibilité d'alimentation alternative** via des générateurs, dont l'entretien dans le temps devra être assuré.

## Je mets hors d'eau les équipements sensibles

Il convient de veiller à mettre hors d'eau les équipements sensibles (chaudière/pompe à chaleur, ascenseurs, pompe de relevage, etc.) **en les plaçant dans les étages ou dans des pièces étanches.** Concernant les ascenseurs, il convient de disposer des capteurs d'eau dans la cage bloquant automatiquement le mouvement vers les parties immergées.



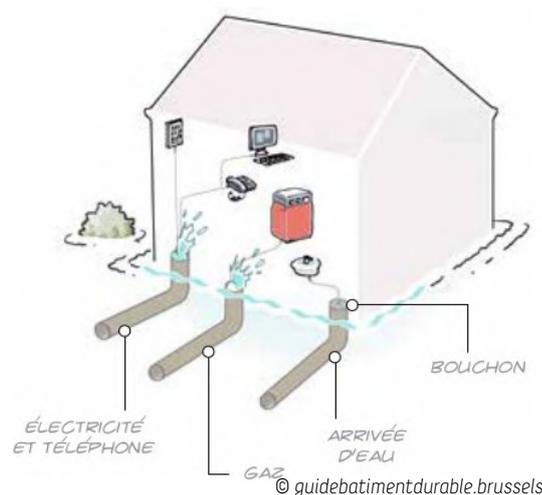
Dispositif permettant d'arrêter un ascenseur au dessus du niveau des PHEC

Mise en sécurité des éléments sensibles d'un ascenseur  
© MEEDA, 2005

## J'empêche les reflux par les réseaux et canalisations

Les réseaux, au-delà d'être une source de vulnérabilité lorsqu'ils cessent de fonctionner correctement, **peuvent également être des éléments facilitant les entrées d'eau dans les constructions.** En effet, l'inondation d'un bâtiment peut par exemple être provoquée par le refoulement du réseau d'assainissement ou par la remontée d'eau via les gaines techniques des réseaux d'électricité, de gaz et de télécommunications. C'est également le cas pour les dispositifs de ventilation, de VMC, de climatisation... Toute pénétration d'un réseau,

quel qu'il soit, met à mal l'imperméabilité du bâtiment. Pour contrer les éventuelles remontées par le réseau d'assainissement, **il est possible d'installer des clapets anti-retours**, qui sont des dispositifs qui permettent à l'eau de s'écouler du bâtiment vers le réseau d'assainissement, mais pas de remonter du réseau vers le bâtiment lorsque les conduites sont mises en charge lors d'une inondation. Ils peuvent être positionnés directement à l'intérieur des bâtiments ou dans une chambre de visite étanche située à l'extérieur.



Pour lutter contre les intrusions d'eau qui suivent les chemins ouverts par les autres réseaux, **la solution consiste à surélever les gaines et bouches d'aération au-dessus des PHEC et colmater les passages de gaines et les fourreaux** par lesquels arrivent ces réseaux, ainsi que les espaces laissés vides autour des points de pénétration.

Ces mesures permettent d'atteindre un double objectif : éviter l'intrusion d'eau dans le bâtiment et protéger le réseau (l'eau, en remontant les gaines, peut en effet arriver jusqu'aux compteurs, tableaux, et autres dispositifs sensibles).

Pour aller plus loin : [le référentiel de travaux de prévention du risque inondation dans l'habitat existant](#) et [Anticipez et minimisez l'impact d'une inondation sur votre entreprise](#)



Reperce de musée Granoble © Cerem

**Je favorise  
la culture  
du risque**

Matérialiser l'inondation afin de contribuer  
à la culture du risque



La culture du risque vise à partager avec l'ensemble des acteurs d'un territoire (citoyens, techniciens, élus, etc.) la connaissance des phénomènes naturels et des risques associés, qu'ils soient passés, actuels ou à venir.

L'amélioration de la culture du risque d'inondation est donc un enjeu fort de la réduction de la vulnérabilité, **d'autant plus dans les secteurs densément urbanisés où les cours d'eau sont parfois invisibles** (du fait de constructions, d'aménagements urbains existants, de digues, etc.).

« Donner à voir » l'eau, et *a fortiori* la possibilité que cette eau puisse sortir de son lit habituel, doit être un objectif du porteur de projet, qu'il agisse à l'échelle de l'opération urbaine, de l'îlot ou même du bâtiment.

**Ces démarches reposent sur l'intégration d'éléments urbains et architecturaux** dans le but de faire prendre conscience du risque d'inondation, en s'attachant toutefois à ne pas rendre l'espace urbain anxiogène.



## Donner à voir l'inondation

Un objectif important du porteur de projet doit être de « donner à voir » l'inondation qui, par nature, n'est pas visible au quotidien.

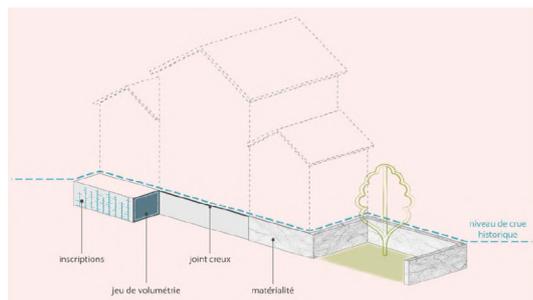
**Matérialiser, dans l'espace public ou au droit d'un bâtiment, le niveau que peut atteindre l'eau** (en cas de débordement d'un petit cours d'eau, de la surverse d'une digue, etc.) est un moyen efficace qui permet aux usagers de prendre conscience que leur environnement quotidien, qui est « sec » l'immense majorité du temps, peut éventuellement subir les conséquences d'une inondation. **Il s'agit là de mettre en lumière une éventualité** qui, bien qu'elle ne soit pas visible au quotidien, relève d'une réalité concrète. Les repères de crues, qui sont généralement des plaques indiquant le niveau d'eau atteint pour un épisode d'inondation donné, peuvent également être directement intégrés aux aménagements urbains ou architecturaux.

**Afficher le niveau atteint par une crue historique est un moyen très efficace pour sensibiliser les passants. A titre d'exemple, les hauteurs d'eau atteintes en 1859 dans le centre-ville de Grenoble sont bien documentées.**

Toutefois, cette connaissance historique n'est pas disponible partout. Il est alors également possible d'afficher le **niveau d'eau attendu**, tel que modélisé dans les études d'aléas. Cela peut être particulièrement intéressant dans certains secteurs endigués qui n'ont pas connu d'inondation depuis de très nombreuses années.

L'affichage d'un niveau de crue sert à interpeler le passant et à lui faire prendre conscience de l'éventualité que représente le risque. Il est toutefois utile d'aller au-delà, et de profiter d'avoir capté son attention pour passer des messages : des panneaux d'information sur les phénomènes, ou qui rappellent des principes de prévention et de mise en sécurité, peuvent être placés tant dans l'espace public que dans les parties privatives des bâtiments situés en zone inondable.

Donner à voir l'inondation peut également relever d'un choix d'aménagement urbain basé sur **l'adaptation des formes et des usages en fonction des niveaux d'eaux attendus** : les inondations se matérialisent et apparaissent aux yeux des habitants, y compris lorsque l'eau n'est pas présente, via la forme qu'elles impriment sur l'espace urbain. Le mobilier urbain (forme, matériaux, décoration) ou encore le nom donné aux rues, bâtiments, places, etc. peuvent également être des



OAP Risques et Résilience du PLUi de Grenoble Alpes Métropole



Un exemple de matérialisation du niveau d'eau sur un bâtiment à Saint-Pierre-des-Corps : les traits bleus sont très visibles depuis l'espace public.  
© A. Metzge

leviers mobilisables. On peut imaginer beaucoup d'autres procédés, et notamment des **démarches artistiques** visibles dans l'espace public qui pourront mobiliser la curiosité des usagers : fresques, street-art, sculptures, etc.

Là encore, pour que ce type de démarches porte ses fruits et participe à l'amélioration de la culture du risque, il est nécessaire d'accompagner la conception urbaine de messages pédagogiques.

Bâtir un projet en zone inondable, qu'il s'agisse d'un



Arbres Bleus® à la Rochelle (© ONG Bleu Versant)

projet neuf ou d'une réhabilitation de bâtiment existant, doit nécessairement s'accompagner d'une réflexion sur la gestion de crise, qui doit être pensée et organisée de telle sorte que **les habitants et usagers du secteur puissent se mettre en sécurité le temps de l'évènement (ou de pouvoir être évacués)**.



Espace refuge collectif, source : ville de Nîmes

Dans ce processus, **l'identification de zones refuge** est une étape clé : il s'agit en général de lieux suffisamment surélevés, situés dans des bâtiments ou, si **l'objectif est de rassembler des personnes sur un temps court, dans l'espace public**. Quelle que soit la forme de ces espaces refuges, le fait de les rendre visibles et connus de tous peut constituer un levier d'amélioration de la culture du risque. Cela peut par exemple se faire par le biais :

- **d'une signalétique spécifique ;**
- **de panneaux qui informent les habitants** sur la raison d'être de la zone refuge et sur son fonctionnement en cas d'inondation.

Dans les secteurs qui sont susceptibles d'être inondés fréquemment, une stratégie peut également être

d'implanter un bâtiment « vitrine » pour l'eau et le risque inondation : un lieu connu des habitants du secteur, dédié à ces thématiques. Un tel espace peut par exemple :

- Accueillir des expositions thématiques ;
- Accueillir des groupes scolaires pour des actions de sensibilisation, des sessions de formation des professionnels ;
- Etre un lieu de rencontre pour les habitants du quartier, ou le siège d'associations locales ;
- **En temps de crise, se transformer en zone refuge collective et/ou en cellule de crise locale.**

#### Information aux usagers

En plus de l'information légale (état des risques lors d'une transaction immobilière), un livret peut être remis aux habitants pour les sensibiliser et les informer sur l'exposition de leur nouveau logement ou nouveau lieu de travail.

En lien avec les collectivités et porteurs de PAPI, il est également possible de mettre en place des actions de sensibilisation :

- Campagne de communication,
- Exercices de gestion de crise grandeur nature,
- Plan de mise en sûreté (famille, copropriété, entreprise, établissement scolaire, etc.).



## Je mets en scène l'eau

L'ambition doit être de mieux intégrer l'eau dans les projets urbains, au-delà de la seule gestion du risque inondation. La désimperméabilisation importante des sols, la création d'aménagements favorisant le stockage de l'eau et accompagnant son cheminement, durant la crue et la décrue, permettent aussi de répondre à des enjeux de biodiversité, de nature en ville, de limitation du ruissellement...



### **Il ne faut pas pour autant confondre gestion des eaux pluviales et prévention du risque inondation.**

Bien que dans les deux cas il soit question d'eau en quantité trop importante, il faut bien distinguer ces deux domaines ... qui sont pourtant liés !

En effet, limiter l'imperméabilisation et la concentration des écoulements peut avoir des conséquences très bénéfiques en termes de gestion des pluies dites « courantes ». Celles-ci ont pour conséquences des phénomènes de ruissellement urbain qui peuvent, localement, créer des inondations fréquentes. Toutefois, **ces écoulements sont sans commune mesure, tant en termes de volumes que de durées, avec les conséquences que pourraient avoir le débordement des cours d'eau de la métropole grenobloise.** La gestion des désordres chroniques et des événements exceptionnels ne relèvent donc pas des mêmes solutions.

Il s'agit de l'affirmation d'un parti pris d'aménagement où le fil de l'eau guide les réflexions et le dessin du projet. Cela concerne évidemment les grandes opérations de reconquête de friches, mais également les opérations de recyclage urbain qui interviennent sur des tissus urbains déjà constitués dont elles modifient des éléments de trames urbaines (perçement de nouveaux cheminements, changement d'orientation de construction, etc.).

Après des décennies durant lesquelles **la politique du « tout-tuyau » encourageait les aménageurs à concentrer les écoulements dans des ouvrages enterrés** pour les évacuer le plus rapidement possible des zones urbanisées, on voit depuis quelques années émerger une tendance qui vise au contraire à "redonner une place à l'eau" dans l'aménagement urbain, et ce sous toutes ses formes : permanente, invisible (nappes), éphémère (pluies), exceptionnelle (crues).



Jardin inondable de la ZAC des Bords de Seine à Asnières © UW

Faire le choix de **ne pas dissimuler les dispositifs de collecte, de stockage et d'infiltration au plus près de la source**, mais au contraire de les mettre en valeur par le biais d'aménagements qualitatifs intégrés à la trame paysagère du projet, est un autre moyen de rendre visible l'eau. Cela se traduit par l'utilisation de noues

paysagères, de jardins de pluie, de bassins de stockage/infiltration multi-usage, etc.

**L'objectif visé est que la question de l'eau ne soit plus perçue que comme une contrainte mais au contraire comme une source de bénéfices multiples :**

- Amélioration de la qualité paysagère et donc du cadre de vie ;
- Amélioration de la biodiversité ;
- Lutte contre les îlots de chaleur ;
- Développement des projets d'agriculture urbaine ;
- Faible coût des dispositifs (travaux et entretien) pour le ralentissement des écoulements et de l'infiltration.

Dans les milieux très urbanisés où les traces du passage de l'eau sont parfois très limitées, il est d'autant plus important de prévoir des aménagements qui permettent de **matérialiser des écoulements rendus invisibles** (cours d'eau enterrés ou cachés derrière des murets / bâtiments qui les coupent de l'espace public).

Bien que la démarche soit bien plus ambitieuse, **il est même parfois possible de « ré-ouvrir »** des tronçons de cours d'eau, en les remettant à l'air libre sur tout ou partie du linéaire sur lesquels ils avaient été enterrés ou couverts. Au-delà des bénéfices écologiques et hydrogéomorphologiques, cette remise à ciel ouvert permet :

- De réduire des problèmes d'inondation ponctuels liés à la capacité limitée des tronçons enterrés ;
- De reconnecter la rivière à l'environnement urbain et de permettre aux habitants de se réapproprier le cours d'eau ;

- De valoriser le paysage ;
- D'implanter des activités récréatives de qualité.

Les démarches de ré-ouverture des cours d'eau, d'infiltration à la source, ou encore de désimperméabilisation peuvent, lorsqu'elles sont ambitieuses, être très bénéfiques pour le milieu. Il peut donc être intéressant de **se rapprocher de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse** qui dans certains cas pourra participer au financement de la partie du projet relative à ces aménagements. Il est utile d'associer cet acteur le plus en amont possible.



Le cours d'eau de l'Huveaune a été couvert sur près d'un kilomètre dans la traversée d'Aubagne. Le réaménagement de la place centrale a permis de créer un modelé de sol qui symbolise son passage et rappelle ainsi sa présence aux habitants.

© Cerema



Circuit de l'eau dans le skatepark de Saint-Egrève  
© Lucas Frangella/Grenoble-Alpes Métropole

Enfin, les **ouvrages multifonctionnels**, qui peuvent servir à des usages différents en fonction des niveaux d'eau, permettent de mettre en évidence le fait que la quantité d'eau présente dans la ville est très variable :

- Parfois absente par temps sec ;
- Abondante mais globalement gérée pour les événements de pluies fréquents ;
- Incontrôlable et envahissante pour les événements exceptionnels, qu'il s'agisse d'orages localisés ou de pluies généralisées qui génèrent des crues.

**Mettre en lumière cette multifonctionnalité, en l'accompagnant d'explications accessibles à tous, contribue à sensibiliser les habitants.**



**Annexes  
pour aller  
plus loin**



Prendre en compte les différents documents réglementaires relatifs aux risques dans son projet  
- p. 68



Comprendre les cartes d'aléa - p. 74



Comprendre la prise en compte réglementaire des bandes de précaution - p. 76



Comprendre le calcul du Rapport de l'Emprise au Sol en zone Inondable autorisé (RESI) - p. 79



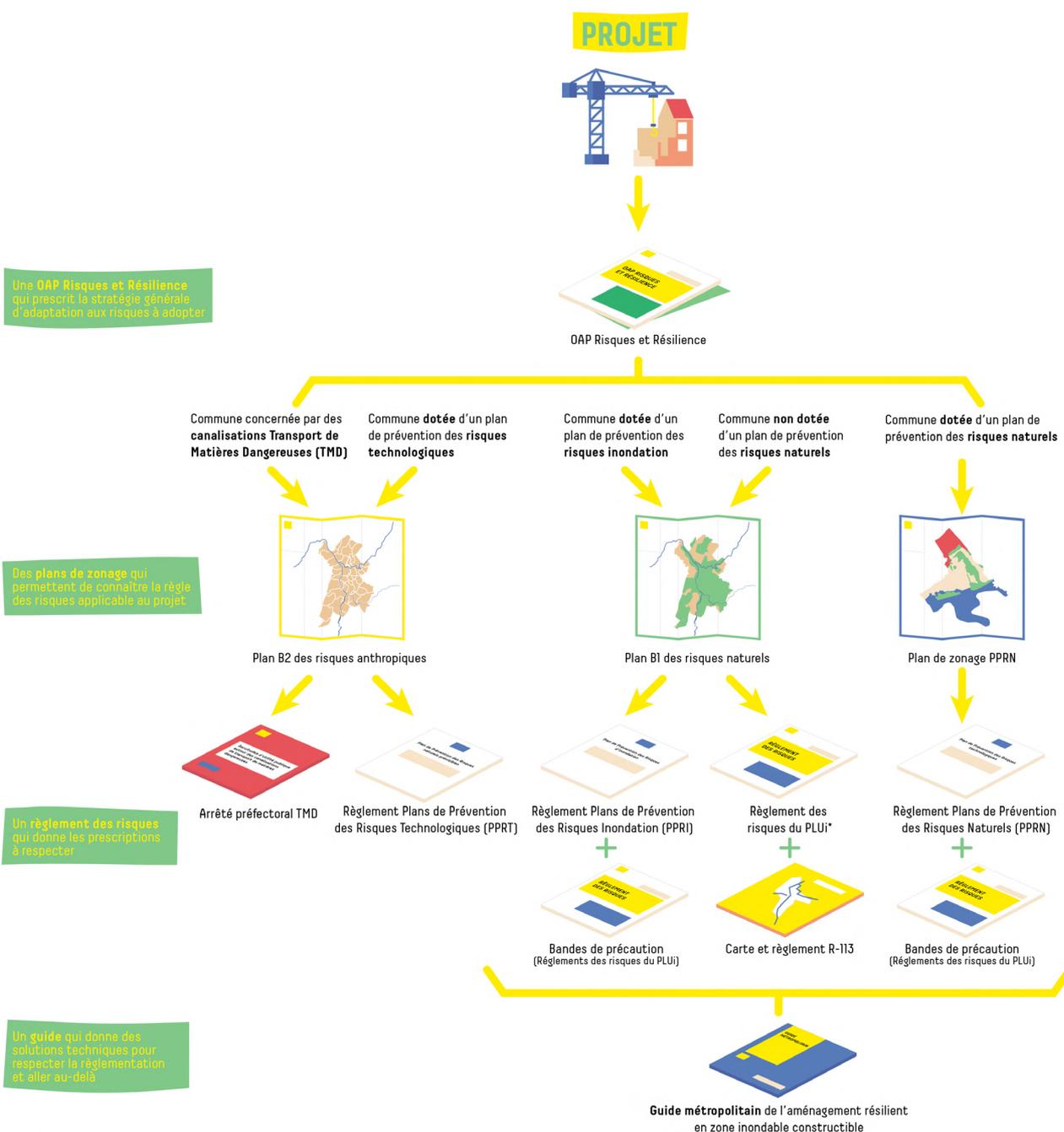
Références bibliographiques - p. 80



## Prendre en compte les différents documents réglementaires relatifs aux risques dans son projet

La prise en compte des risques et plus particulièrement du risque inondation sur le territoire de la Métropole grenobloise nécessite la connaissance de différents documents. Chaque document est complémentaire et a une portée réglementaire et des objectifs différents. Il convient d'étudier l'ensemble des documents en vigueur sur le tènement du projet et d'adapter ce dernier suivant une certaine chronologie, des grandes adaptations stratégiques d'aménagement jusqu'au respect des prescriptions les plus fines.

Pour bien prendre en compte les risques dans son projet, il est recommandé de consulter au plus tôt l'ensemble de ces documents, dès les phases d'opportunité et de faisabilité. Un travail étroit avec les collectivités compétentes en termes d'urbanisme et d'autorisation du droit des sols est indispensable. **La pré-instruction du projet** avec les services instructeurs permet souvent d'**intégrer le risque au plus-tôt dans le processus d'aménagement** et de construction et d'en **limiter ainsi les impacts techniques et financiers**.



\*Plan Local d'Urbanisme Intercommunal

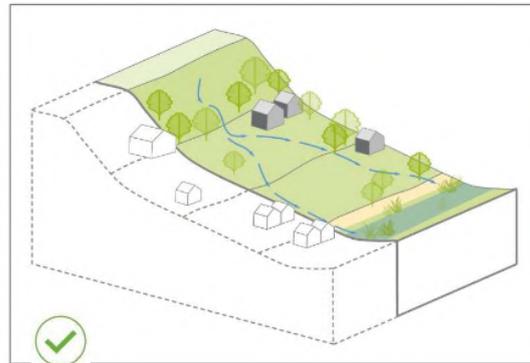
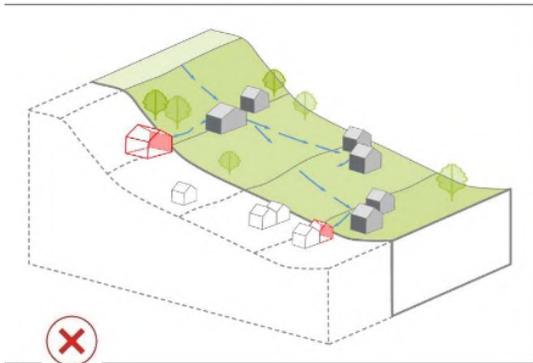
## Etape 1 : Se référer à l’Orientation d’Aménagement et de Programmation (OAP) Risques et Résilience du PLUi

L’OAP Risques et Résilience permet à la fois de connaître l’exposition ou non du projet à un ou des aléas naturels et de définir les stratégies d’adaptation possibles de la construction. Par ailleurs, tout projet doit être en compatibilité avec l’[OAP thématique risques et résilience](#), ce document étant une pièce opposable du PLUi.

- A-** Savoir si le projet est situé dans une zone de risques naturels :  
L’OAP Risques et Résilience développe une **carte des grands aléas naturels du territoire** (avec des zooms par secteur - page 53 et suivantes de l’OAP) qui permet de savoir si le tènement de projet est susceptible d’être exposé à un aléa naturel et de quel type. Ce travail demandera d’être complété par une **analyse fine des cartes d’aléas et de zonage règlementaire** (voir étape 2).
- B-** Suivant le type d’aléa, bâtir la stratégie d’adaptation aux risques du projet  
Suivant les grandes catégories d’aléas identifiées dans l’étape 1 (aléas hydrauliques ou mouvements

de terrains [aléas gravitaires], des **grands principes d’aménagement et d’adaptation aux risques** des projets sont proposés. Ceux-ci sont donnés à **différentes échelles**, d’une commune ou d’une zone d’aménagement jusqu’à l’ilot ou au bâtiment.  
Ensuite par catégorie d’aléas (inondation de plaine et crues rapides des rivières, aléas hydrauliques des coteaux (dont ruissellement) et torrentiels, glissements de terrains, chutes de blocs, séismes, etc. sont détaillés les principes d’adaptation aux aléas. Les préconisations faites ici le sont tant pour les implantations bâties que pour les espaces extérieurs, le bâtiment, les réseaux...

Lorsqu’un projet est compris dans un secteur d’OAP,



Exemple d’inscription des constructions dans la pente  
source : OAP Risques et Résilience  
PLUi Grenoble-Alpes Métropole

## Etape 1 bis : Prendre en compte les principes d’aménagement décrits dans les OAP sectorielles

**des principes d’implantation et d’adaptation des aménagements** sont données. Souvent, des orientations de bâtiments et/ou des ouvertures sont matérialisées suivant les écoulements. D’autres grands principes d’adaptation peuvent être donnés. Qu’il s’agisse des OAP thématiques ou sectorielles, les projets doivent être compatibles avec ces dernières (c’est-à-dire respecter les principes affichés). En revanche, les projets doivent être conformes et respecter strictement les règlements, plan de zonage et diverses servitudes annexées au PLUi. Il convient donc de se conformer à ces documents.



Exemple d’OAP sectorielle comprenant des dispositions d’adaptation aux risques  
PLUi Grenoble-Alpes Métropole

## Etape 2 : Analyser les cartes d'aléas et de zonage réglementaire

Une fois les grandes orientations d'adaptation du projet possibles connues, il est nécessaire de connaître plus finement la/les nature(s) d'aléa(s) et le(s) zonage(s) réglementaire(s) associé(s).

Suivant les communes et les aléas auxquels le tènement est exposé, les documents à consulter peuvent être **le PLUi et/ou les Plans de Prévention des Risques (PPR)** pour les communes qui en sont dotées.

### A- Localiser le projet sur le plan B1 des risques naturels du PLUi

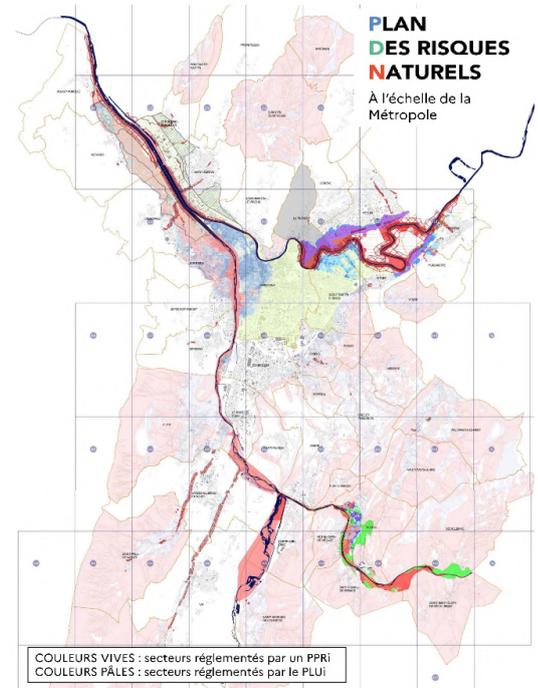
[Le plan B1 des risques naturels](#) du PLUi affiche le zonage réglementaire concernant **les aléas naturels** inscrits au PLUi (communes non soumises à un PPRn), les **bandes de précautions à l'arrière des digues et les Plans de Prévention des Risques inondation (PPRi)**. Les risques technologiques (Plans de Prévention des Risques technologiques (PPRt), les risques miniers, nucléaires, de Transport de Matières Dangereuses (TMD) et les autres aléas technologiques) sont de la même manière affichés **sur le plan B2 des risques anthropiques du PLUi**.

[Certaines communes](#) disposent en plus du zonage réglementaire affiché sur le plan B1 du PLUi de l'application de **documents approuvés en vertu de l'article R-111-3** du code de l'urbanisme. Ces documents sont à **prendre en compte en plus** du zonage et du règlement.

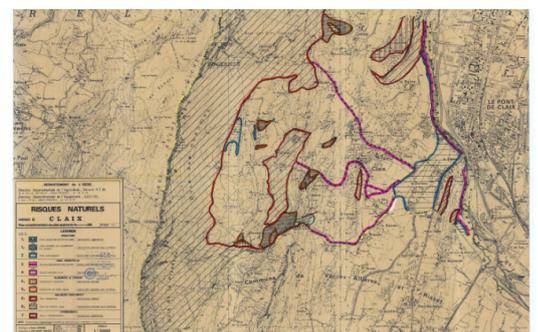
Pour les **19 communes de la Métropole qui disposent d'un PPRn**, celui-ci n'est pas affiché sur le plan B1 des risques naturels. Ce non affichage signifie qu'il faut se référer au [PPRn de chacune de ces communes](#).

**La règle à respecter** est affichée à l'aide de code de zonage (exemple : « Bv2 » pour un aléa de ruissellement) ou de la légende (pour les bandes de précaution et les PPRi notamment). **Le principe général de constructibilité** est aussi donné grâce à ce code et à la couleur sur le plan (R (couleur Rouge) lorsque la zone est classée inconstructible est B (couleur Bleue) lorsque le secteur est constructible sous prescriptions).

A partir de ces éléments, il est possible de consulter les règlements des risques qui indiquent si le projet est autorisé ou non et si oui, sous



Extrait du plan B1 des risques naturels  
PLUi Grenoble-Alpes Métropole



Plan de zonage au titre de l'article R-111-3  
(ici sur la commune de Clair)



Attention, cependant, pour ces communes comme pour toutes les autres, les bandes de précaution qu'il convient de prendre en compte sont affichées uniquement sur le plan B1.

quelles prescriptions.

**B- Localiser le projet sur le plan B1 des risques naturels du PLUi**

Pour les communes concernées par un PPRn, PPRi ou PPRt, les **servitudes d'utilité publique** que constituent ces documents s'appliquent directement. Les PPR disposent de leurs propres cartes d'aléas, de zonage règlementaire, d'un règlement associé, d'un rapport de présentation ainsi que différentes annexes comme par exemple les cartes des côtes ou des précisions sur l'hydrologie pour les PPRi.

Le principe de lecture des documents est le même que celui présenté pour le plan B1 du PLUi ci-avant (carte d'aléa, de zonage, règlement...).

Certains PPR disposent de « fiches conseil » qui promulguent des conseils techniques pour bien prendre en compte les risques dans les projets. Celles-ci peuvent venir en complément du présent guide.

Pour ces mêmes communes, **les bandes de précaution sont affichées uniquement sur le plan B1** du PLUi (voir paragraphe sur la prise en compte des bandes de précautions le long des cours d'eau).

A noter une exception, le **PPRi Drac** est en cours d'approbation, le zonage et le règlement applicable sont inscrits uniquement sur le plan B1 du PLUi et le règlement dans le règlement des risques du PLUi.

**C- Mieux comprendre le phénomène grâce à la carte des aléas et au document de présentation**

Pour prendre en compte correctement les risques dans un projet d'urbanisme ou de construction, il est nécessaire de consulter les cartes des aléas.

La carte des aléas permet de mieux **comprendre les phénomènes en jeu** et de dimensionner en conséquence les constructions.

Les phénomènes qui peuvent par exemple être lus sur la carte des aléas sont les suivants :

- **Les hauteurs d'eau**, pour les PPRi, une carte des côtes ou des hauteurs est disponible et permet de connaître les PHEC et les zones de cuvette où l'eau peut rester plus longtemps après l'inondation,
- **Les vitesses d'écoulements** sont affichées dans certains PPRi avec une carte des vitesses qui permet de connaître les axes d'écoulements préférentiels et d'aider au dimensionnement des structures,
- Les courbes de niveau permettent de comprendre le **sens d'écoulement de l'eau** et donc **d'identifier les façades exposées** au risque inondation. Ces façades demandent une prise en compte spécifique des risques

(surélévations, fondations, ouvertures...). La définition des façades exposées est spécifiée dans les dispositions générales des règlements des risques.

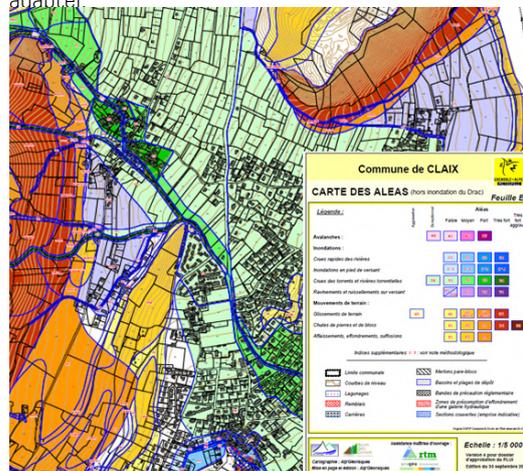
*Nota bene : de la même manière pour les risques gravitaires, les courbes de niveau indiquent le côté amont de la construction qui est le plus exposé aux glissements de terrains, avalanches et chutes de blocs.*

- **Le fonctionnement hydraulique et le contexte géologique et géographique** par rapport aux risques autour du projet peuvent être mieux appréhendés. La carte d'aléas permet de connaître d'éventuelles proximités comme des cours d'eau, des torrents, des zones de risques gravitaires...

Pour aller plus loin, voir l'annexe ci-après « Comprendre les cartes d'aléa ».

Le code aléa fourni sur la carte des aléas renseigne également sur la nature des aléas (torrentiel, inondation de pied de versant, ruissellement, glissement de terrain...). Plus en détail même, par exemple, un aléa inscrit comme du « VIT », veut dire qu'il s'agit d'un aléa avec les caractéristiques du phénomène de ruissellement (peu d'eau mais des vitesses rapides) mais dont l'hydraulique est issue plus en amont d'un torrent.

**Le rapport (ou note) de présentation** va lui expliquer les phénomènes, leur qualification et leur prise en compte dans les cartes d'aléas, présenter le contexte territorial (géologie, climatologie, hydrologie...), développer l'historicité des événements sur la commune... La lecture de ce document va permettre de mieux comprendre les phénomènes et donc de mieux s'y adapter.



Extrait de la carte des aléas du PLUi sur la commune de Claix  
PLUi Grenoble-Alpes Métropole

## Etape 3 : Adapter son projet en respectant le règlement des risques

Le règlement des risques du PLUi est décomposé en trois grandes parties :

- **Les dispositions générales ;**
- Les **règles applicables par type de zonage aléa** (les règlements des PPR sont constitués sous le même format) ;
- Le **glossaire.**

Attention, **le règlement du PLUi ne s'applique pas sur les territoires couverts par des PPR approuvés qui ont chacun un règlement autonome.**

**Les dispositions générales** rappellent le champ d'application de la règle, une description sommaire des différents aléas ainsi que différentes définitions s'appliquant à l'ensemble du règlement.

Sont à cet endroit définis **la règle du RESI (Rapport d'Emprise au Sol en zone Inondable)** (voir ci-après l'annexe spécifique), des **façades considérées comme exposées, les hauteurs de référence** pour calculer les surélévations, les règles applicables dans les **bandes de précautions** (voir ci-après un paragraphe explicatif spécifique), **les marges de recul le long des cours d'eau** et autres axes d'écoulements, ainsi que les dispositions spécifiques aux risques technologiques et miniers.

Dans les dispositions générales **sont définies les projets qui sont considérés comme nouveaux de ceux qui portent sur l'existant.**

Dans la suite du règlement qui spécifie la règle par type de zonage aléa, le règlement est rédigé suivant s'il s'agit d'un projet nouveau ou sur l'existant. La réglementation est différente suivant le type de projet. Il est important de bien identifier dès le départ quelle est la nature du projet afin d'appliquer la bonne réglementation.

Suivant le zonage réglementaire observé sur les plans tel que spécifié ci-avant, les chapitres correspondant au code de zonage (classés par type d'aléa) sont à prendre en compte.

Chaque chapitre correspond à un type d'aléa et comprend les parties suivantes :

- **Description du phénomène,**
- **Définition de la mise hors d'eau** (hauteur de référence pour les surélévations) spécifique à la zone,
- **Des dispositions réglementaires suivant si le projet est nouveau ou sur l'existant.**

Ces dispositions réglementaires sont toutes constituées sous le même format. Tout d'abord sont présentées les différentes interdictions puis les projets autorisés sans prescription et enfin ceux avec prescriptions. Les

**prescriptions** sont ensuite détaillées **par type de projet**. Les articles stipulent les règles applicables pour chaque nature de projet. Une même prescription peut parfois concerner plusieurs natures de projet, ceci est précisé dans ce cas.

En fin de règlement, **un glossaire définit chaque terme**. En l'absence de définition d'un terme dans le glossaire du règlement des risques, il peut être défini dans le lexique général du PLUi (c'est dans ce cas cette définition qui est à prendre). En cas d'absence de définition dans le PLUi, c'est la définition qui est portée par le code de l'urbanisme qui est à utiliser.

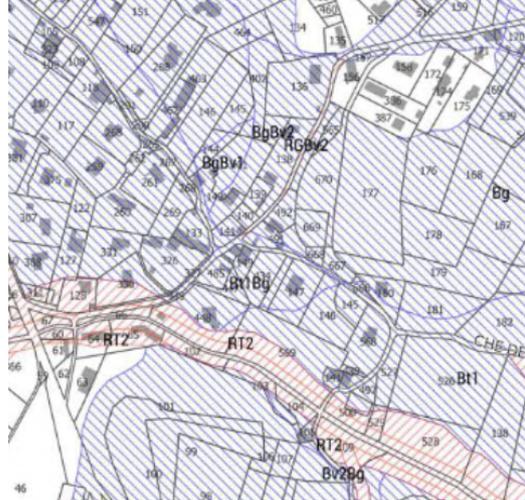
La définition d'un terme dans le glossaire peut parfois avoir son importance et déterminer l'autorisation ou non de certains projets, comme par exemple la réalisation de sous-sols pour des maisons individuelles.

Les prescriptions font dans certains cas apparaître le besoin pour le projet de remplir des conditions générales ou spécifiques (exemple : « le projet doit démontrer qu'il n'aggrave pas les risques pour les tiers et n'en provoque pas de nouveaux », « le projet doit prévoir une maîtrise des rejets des eaux usées, pluviales et de drainage », « le projet doit prendre en compte les risques identifiés, être adapté à l'aléa et garantir la sécurité des personnes »...). Il est parfois difficile en instruction de vérifier techniquement le respect de ces prescriptions. Pour cela, il est possible de demander aux porteurs de projets d'attester de la réalisation d'une étude spécifique et de la bonne prise en compte des risques. Un [modèle d'attestation](#) est proposé en annexe du PLUi (documents informatifs relatifs aux risques).

Toutes les prescriptions affichées dans le règlement des risques du PLUi sont applicables. Dans certains PPRn, des dispositions sont des prescriptions réglementaires (règles d'urbanisme, de construction ou autres règles) tandis que d'autres prescriptions sont des recommandations. Des fiches conseil sont également présentes dans les PPR, elles proposent des solutions techniques permettant de répondre aux exigences réglementaires.

Au-delà des PPR et de la réglementation risque du PLUi existe un autre type de document dont un certain nombre de communes du territoire métropolitain sont dotées : **les documents produits au titre de l'article R-111-3** du code de l'urbanisme. Bien qu'ancien, ces documents s'appliquent toujours sur les communes non dotées de PPR (en particulier les communes rurales soumises au règlement des risques du PLUi). Ils sont constitués d'un arrêté préfectoral, d'un plan de zonage et d'un règlement associé. Les principes de lecture sont les mêmes pour le PLUi ou les PPR. L'application des **règles** entre le PLUi et les documents relevant de l'article R-111-3 du code de l'urbanisme sont **cumulatives**.

Enfin, pour bien prendre en compte les risques dans son projet, il est recommandé de consulter au plus tôt l'ensemble de ces documents, dès les phases d'opportunité et de faisabilité. Un travail étroit avec les collectivités compétentes en termes d'urbanisme et d'autorisation du droit des sols est indispensable. **La pré-instruction du projet avec les services instructeurs permet souvent d'intégrer le risque au plus-tôt dans le processus d'aménagement et de construction et d'en limiter ainsi les impacts**



*Risques se superposant sur un même document (ruissellement et glissement de terrain ici)*

## Etape 4 : Je m'aide du guide métropolitain de l'aménagement résilient en zone inondable constructible pour adapter mon projet

Le guide de l'aménagement résilient doit **aider les porteurs de projet à construire leurs opérations tout au long de la chaîne d'aménagement avec le risque inondation.**

Le présent guide vient donner des clés de réussite et des recommandations techniques et stratégiques

permettant de s'adapter et de mieux prendre en compte les risques inondation. Il n'est valable que dans les zones inondables constructibles et pour les projets autorisés dans les zones inondables. **Il ne se substitue en rien à la réglementation en vigueur sur le territoire.**



## Comprendre les cartes d'aléa

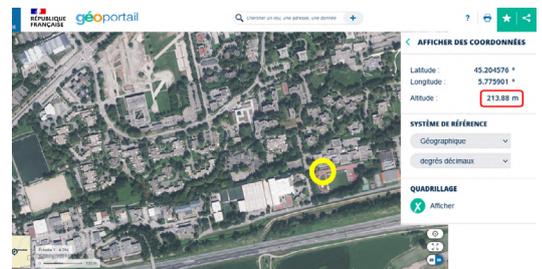
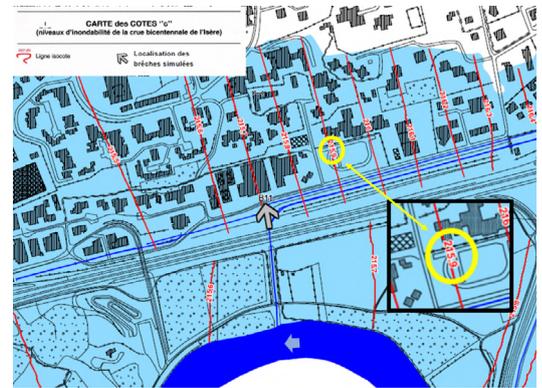
Les cartes d'aléas des différents documents d'affichage des risques ne sont pas toujours constituées de la même manière. Les chapitres suivants donnent les clés de lecture de ces différentes cartes des aléas, en particulier les cartes de hauteurs et vitesses d'eau. Suivant les documents d'affichage du risque, la lecture des hauteurs d'eau et/ou des vitesses d'écoulements est différente.

### Voici l'exemple du PPRI Isère amont

Sur chaque ligne, on peut lire l'estimation de la cote atteinte par la ligne d'eau pour l'évènement de référence. Cette cote de référence y est exprimée en mètres NGF (il s'agit d'une altitude). Elle est la même tout au long de la ligne rouge : ces lignes « d'isocôte » décroissent de l'amont vers l'aval. Si le projet se situe entre deux isocotes, il est possible d'interpoler les valeurs pour définir la cote de référence au droit de la parcelle concernée, par une règle de trois.

Concrètement, si l'on regarde le secteur situé au droit du cercle jaune, près du stade sur l'exemple ci-contre :

- La carte des côtes indique que la cote de référence est à une altitude de 215,9 mètres NGF,
- Le site Géoportail donne une première indication de l'altitude du terrain : 213,88 mètres NGF.
- La différence entre la cote de référence et l'altitude du terrain permet d'évaluer la hauteur de l'eau pour l'inondation de référence :  $215,9 - 213,88 = 2,02$  mètres d'eau. Si des constructions étaient permises à cet endroit, leurs premiers planchers devraient se situer au minimum à 2 mètres du sol.
- Pour les phases suivantes du projet, il sera nécessaire de faire réaliser des relevés topographiques exacts qui serviront au dimensionnement précis du projet et seront utilisés pour le dépôt de l'autorisation d'urbanisme.



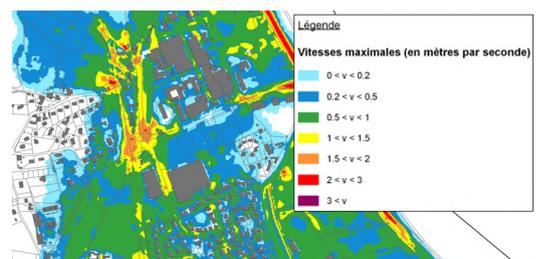
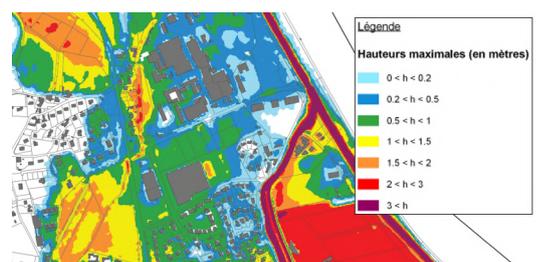
Source PPRI Isère amont et Géoportail

### Voici un exemple de secteur dont le document de référence est le PLUi

Les hauteurs d'eau sont ici fournies à partir d'une carte des hauteurs de référence par rapport au sol (c'est-à-dire à l'altitude du terrain naturel). Elle est exprimée en mètres. Ainsi, dans la zone « jaune » par exemple, qui correspond à une hauteur d'eau entre 1 mètre et 1,50 mètre, les premiers planchers devront être implantés au moins à 1,50 mètre au-dessus du terrain naturel plus une marge de sécurité de 20 cm, soit au total 1,70 mètre au-dessus du terrain naturel (TN+1,7m).

Une seconde carte fournit les vitesses d'écoulement (exprimées en mètres par seconde). Sa lecture permet d'identifier :

- **Les zones où l'eau ne circule quasiment pas**, et qui sont des zones de stockage (en bleu),
- **Les zones de faibles vitesses d'écoulement** (en vert), où une circulation piétonne pendant l'inondation peut être dangereuse mais possible
- **Les zones de grand écoulement** (en jaune, orange, rouge et violet) sont les principaux axes principaux et les zones d'accélération, avec un danger mortel très probable pour un piéton et une nécessaire adaptation des structures des bâtiments et des stratégies de gestion du risque.

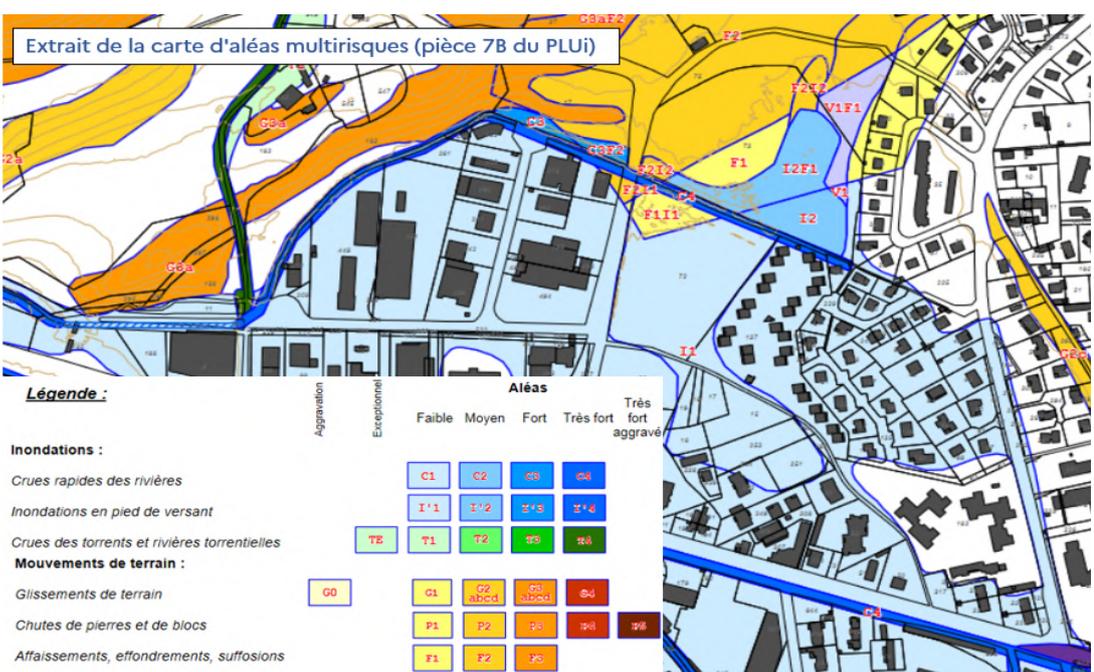
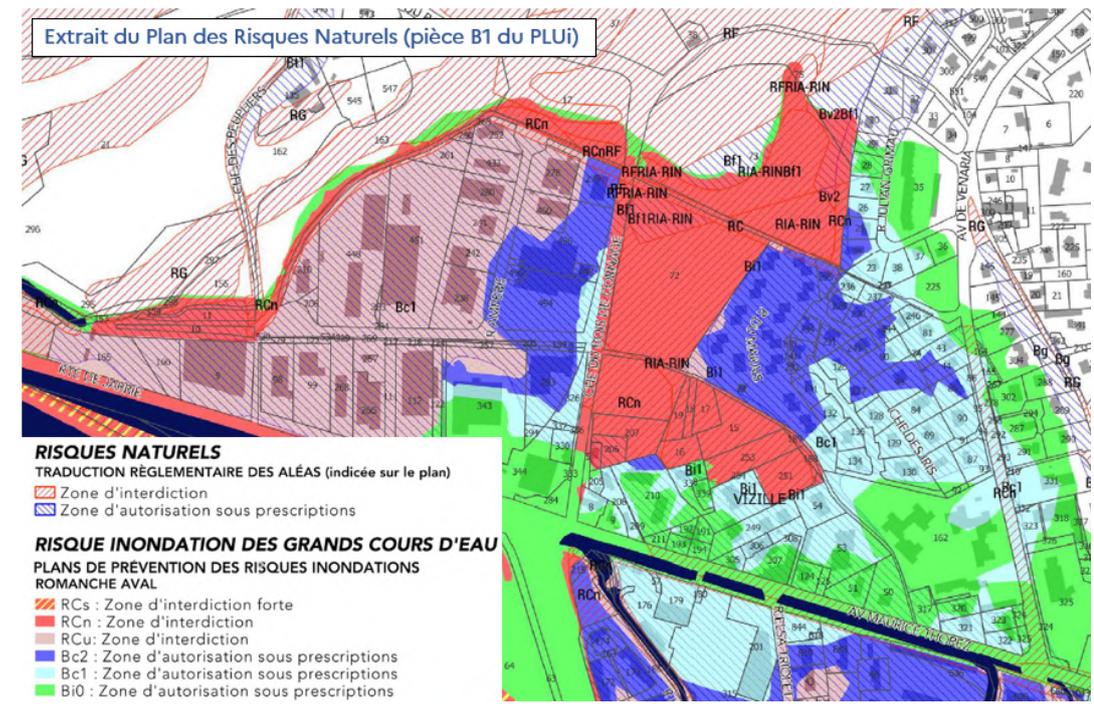


Source : annexe du PLUi (PPRI Drac)

**Point de vigilance : certains secteurs sont soumis à plusieurs types de risques d'inondations**

L'exemple ci-dessous montre un secteur de la commune de Vizille, soumis à la fois aux débordements de la Romanche (représentés par les aplats de couleur) et à des aléas provenant des versants, définis dans les cartes d'aléas multirisques (représentés par les polygones hachurés).

Il est important de comprendre la différence entre les phénomènes pour être en mesure de s'approprier les différents corpus de règles de prévention qui se superposent. L'exercice est parfois complexe ... c'est la conséquence de la forte exposition aux risques de ce territoire !



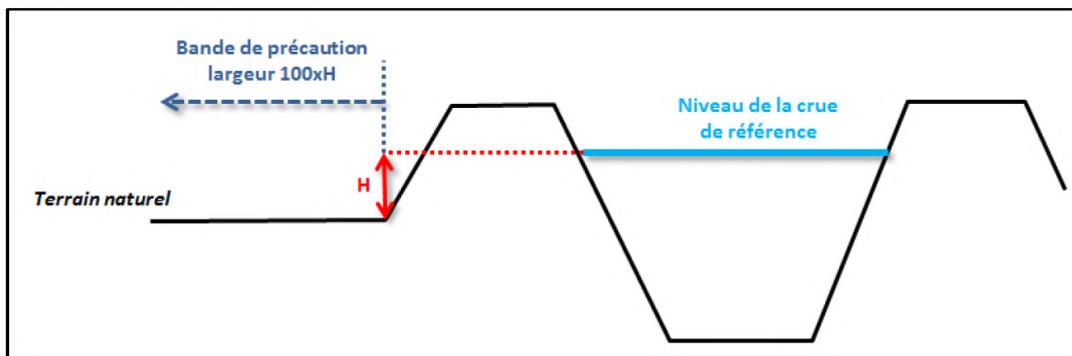


## Comprendre la prise en compte réglementaire des bandes de précaution

Le territoire métropolitain comprends plus d'une centaine de kilomètre de digues. **Dès lors qu'un profil est mis en charge** (cf. schéma ci-dessous) avec une hauteur dans le lit du cours d'eau (lit mineur) à la crue de référence **supérieure de 50 cm** par rapport à l'altitude du terrain naturel à l'arrière de la digue (lit majeur), **des bandes de précautions sont prescrites le long de ces cours d'eau.**

Celles-ci partent du pied de digue et leur distance peut varier. Les bandes de précaution sont de deux types :

- les **bandes forfaitaires de 20, 50 ou 100 m**
- les **bandes fonction du niveau de mise en charge à l'arrière des digues** (réservé uniquement pour les grands cours d'eau (Drac et Isère) appelées de type « Hx100m »).



Ces bandes de précaution sont soit :

- **directement intégrées dans le zonage réglementaire** des risques et le sont par conséquent dans les règlements associés, ce qui est le cas des PPRi du Drac et de Romanche aval et certaines des communes pour lesquelles des cartes d'aléas ont été produite pour le PLUi,
- n'ont pas été intégrées aux documents d'affichage des risques et **sont affichées sur le plan B1 des risques naturels du PLUi**. Ceci est notamment le cas pour les PPRi Isère amont et Isère aval ainsi que les communes dotées d'un PPRn ainsi que quelques communes pour lesquelles des cartes d'aléas ont été produite pour le PLUi.

Dans ce dernier cas, les zones concernées par les bandes de précaution sont affichées sur le plan B1 des risques naturels du PLUi. Les règles associées aux bandes de précaution sont indiquées dans les dispositions générales du règlement des risques du PLUi (page 23).

Dans le règlement des risques du PLUi, le règlement précise qu'il faut appliquer **la règle la plus contraignante associée à l'aléa pris en considération**. Pour identifier le bon règlement à utiliser, il est nécessaire de suivre les étapes suivantes :

- **Identifier le cours d'eau** à l'origine de la bande de précaution.
- Une fois cet axe identifié, **déterminer quelle est la nature de l'aléa** (Crue rapide des rivières (C), Inondation de plaine (I), Inondation de pied de

versant (I') ou Torrentiel (T) au droit de la bande de précaution.

- **Rechercher ensuite quel document réglemente les aléas associés à ce cours d'eau.** Par exemple, si on est sur une bande de précaution de l'Isère en amont de Grenoble, c'est le règlement du PPRi Isère amont qu'il faut viser. S'il s'agit d'un petit cours d'eau dont les risques sont réglementés dans une commune dotée d'un PPRn, c'est le PPRn de cette commune qu'il faut appliquer et enfin s'il s'agit d'une commune couverte par une carte des aléas produite dans le cadre du PLUi, c'est alors le règlement des risques du PLUi qui est à appliquer.
- Une fois ce travail d'identification du règlement effectué, il faut **appliquer la règle la plus contraignante par typologie d'aléa** (tel que cela est expliqué page 23 du règlement des risques du PLUi). Par exemple, pour un cours d'eau classé torrentiel (T), c'est le règlement RT du PPRn de la commune concernée ou le règlement RT2 du PLUi suivant les cas. S'il s'agit de la bande de précaution de l'Isère en aval de Grenoble (ou la bande de précaution du barrage EDF de Saint-Egrève), c'est le règlement RI du PPRi Isère aval qu'il faut appliquer...

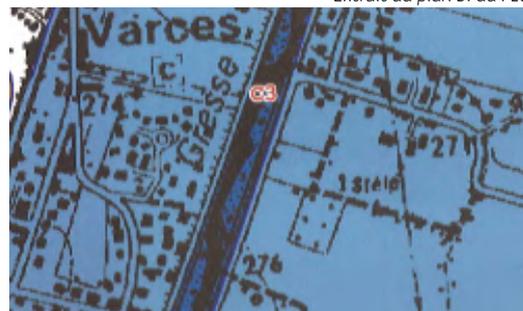
| Cours d'eau                                    | Type de bandes de précautions          | Aléa associé   | Type de règlement                          | Règlement à appliquer          | Règlement  |
|--|--|--|--|--------------------------------|--|
| Isère (en amont ou en aval de Grenoble)        | Bande de 50m ou de Hx100m              | Inondation de plaine (I)   | PPRi                                       | PPRi Isère amont et Isère aval | RI   |
| Barrage EDF de Saint-Egrève (Isère aval)       | Bande de précaution barrage EDF (100m) | Inondation de plaine (I)   | PPRi                                       | PPRi Isère aval                | RI   |
| Torrents                                       | Bande de 20 ou de 50m                  | Crue des ruisseaux torrentiels, des torrents et des rivières torrentielles (T) | Communes dotées d'un PPRn                  | PPRn de la commune concernée   | RT ou RT2 (règle la plus contraignante suivant les PPRn) |
|  |  |  | Communes dotées de carte des aléas du PLUi | Règlement des risques du PLUi  | RT2  |
| Débordements par inondation de pied de versant | Bande de 20 ou de 50m                  | Inondation en pied de versant (I')   | Communes dotées d'un PPRn                  | PPRn de la commune concernée   | RI'  |
|  |  |  | Communes dotées de carte des aléas du PLUi | Règlement des risques du PLUi  | RI'  |
| Crues rapides des rivières                     | Bande de 20 ou de 50m                  | Crues rapides des rivières (C)   | Communes dotées d'un PPRn                  | PPRn de la commune concernée   | RC   |
|  |  |  | Communes dotées de carte des aléas du PLUi | Règlement des risques du PLUi  | RC   |

**Exemple 1 :** Bande de précaution affichée sur le plan BI des risques naturels du PLUi sur une commune dotée d'un PPRn (ici la bande de précaution de 50m sur la Gresse à Varcès-Allières-et-Risset).

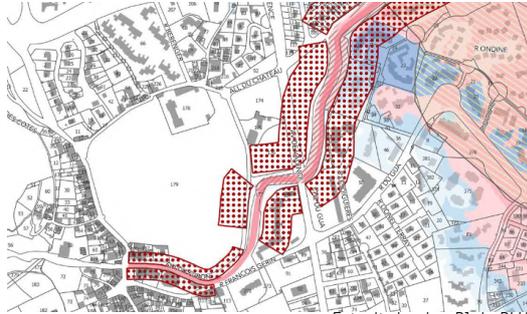
Il s'agit des bandes de précaution du cours d'eau « La Gresse ». Celle-ci est classée en crue rapide des rivières (C3) sur la carte des aléas du PPRn de la commune de Varcès. Il est donc nécessaire d'appliquer dans les bandes de précaution le règlement le plus restrictif de l'aléa « C » du PPRn de la commune de Varcès, soit le règlement RC.



Extrait du plan BI du PLUi



Carte des aléas du PPRn de Varcès-Allières-et-Risset



Extrait du plan B1 du PLUi



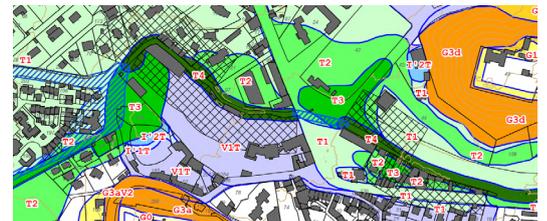
Extrait de la carte des aléas du PPRn de Sassenage

**Exemple 3 :** Bande de précaution affichée sur le plan B1 des risques naturels du PLUi sur une commune dotée de carte d'aléa du PLUi (ici la bande de précaution de 50m sur le cours d'eau « Le Verderet » à Eybens).

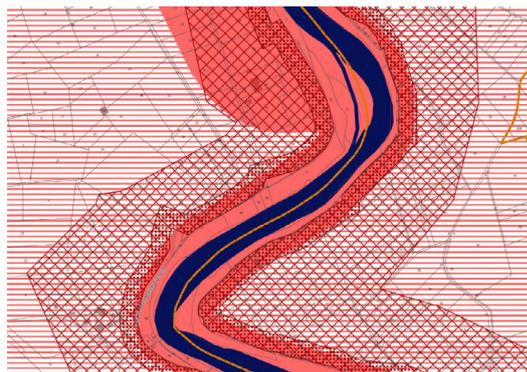
Des bandes de 50m sont affichées sur le plan B1 du PLUi. Il s'agit des bandes de précaution du cours d'eau « Le Verderet ». Celui-ci est classé en crue des torrents et des ruisseaux torrentiels (T4) sur la carte des aléas du PLUi de la commune d'Eybens. Il est donc nécessaire d'appliquer dans les bandes de précaution le règlement le plus restrictif de l'aléa « T » du règlement des risques du PLUi, soit le règlement RT2.



Extrait du plan B1 du PLUi



Extrait de la carte des aléas du PLUi de la commune d'Eybens



Extrait du plan B1 du PLUi

**Exemple 4 :** Bande de précaution affichée sur le plan B1 des risques naturels du PLUi le long d'un cours d'eau disposant d'un document d'affichage des risques spécifique (ici l'Isère en amont de Grenoble).

Des bandes de 50m et de type Hx100m sont affichées sur le plan B1 du PLUi. Il s'agit des bandes de précaution du cours d'eau « L'Isère ». Celle-ci est classée en inondation de plaine (I) au PPRi Isère amont. Il est donc nécessaire d'appliquer dans les bandes de précaution le règlement le plus restrictif de l'aléa « I » du règlement des risques du PPRi, soit le règlement RI. Cette règle RI s'applique autant pour les bandes de 50m que pour les bandes de type Hx100m.



# Comprendre le calcul du Rapport de l'Emprise au Sol en zone Inondable autorisé (RESI)

Les documents réglementaires des risques, qu'il s'agisse de PPR ou du PLUi autorisent en **zone inondable une emprise au sol maximale (RESI) des constructions**. Cela vise à la fois à **limiter les enjeux exposés et préserver le champ d'expansion des crues**.

**Le règlement définit un taux qui correspond à l'emprise au sol des constructions et remblais par rapport à la surface des terrains de l'unité foncière ou de l'opération d'aménagement d'ensemble en zone inondable.** Le RESI ne correspond pas aux surfaces imperméabilisées mais aux surfaces ou aux volumes (suivant les définitions) soustraits au champ d'expansion de la crue. Le RESI autorisé varie suivant les documents d'affichage du risque, la nature de l'aléa et le type de projet.

Sur un projet d'ensemble (ZAC, permis d'aménager...), le taux de RESI à respecter peut être distribué sur chaque lot. La condition à respecter pour appliquer cette possibilité est que le RESI soit respecté à l'échelle du tènement. Le RESI doit être défini et inscrit pour chaque lot dans le permis d'aménager ou le règlement de ZAC et doit ensuite être respecté pour toutes les autorisations d'urbanisme qui seront prises sur chaque lot. Les taux de RESI par lot doivent ensuite rester figés dans le temps.

**La définition et la règle de calcul du RESI varie suivant les documents.** Il convient d'appliquer pour chaque aléa et/ou sur chaque commune la bonne règle. La réglementation applicable émane de l'aléa présent sur le tènement. Par exemple, sur une commune soumise à un PPRi et au règlement des risques du PLUi, si l'aléa sur le tènement est lié au cours d'eau réglementé par le PPRi ou par le PLUi c'est le règlement associé à cette zone inondable qui est à utiliser (lien avec le code aléa sur le plan de zonage).

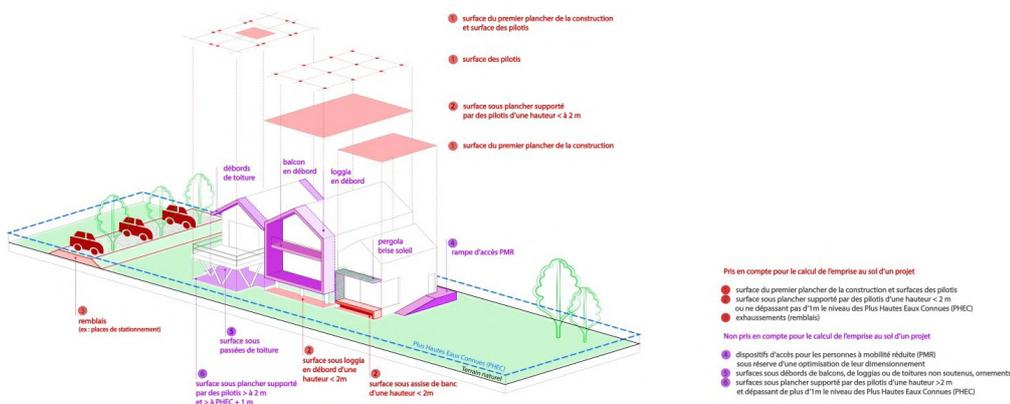
**Il existe deux grands types de règle de calcul du RESI :**

**La règle de calcul surfacique du RESI** (PLUi, anciens PPRn et PPRi) :

Est ici pris en compte **l'ensemble des surfaces remblayées et construites** (emprise au sol des bâtiments) du tènement que l'on divise par la surface inondable du tènement. Quelle que soit la nature du bâtiment, qu'il soit transparent hydrauliquement ou non, l'emprise au sol des constructions est prise en compte. Cette définition peut évoluer légèrement suivant les règlements, se reporter à ces derniers.

**La règle de calcul volumique du RESI** (PPRi du Drac)

La différence avec le mode de calcul du RESI surfacique vient de la prise en compte de l'emprise au sol des bâtiments. Ce calcul tient compte des actions d'évitement mises en place en rehaussant les constructions avec des rez-de-chaussée hydrauliquement transparents. Ainsi ne sont considérées que **les surfaces bâties inférieures à la côte de référence +1 m ou à moins de 2m du terrain naturel**.



PLUi de Grenoble-Alpes Métropole (adaptation du schéma de la DDT de l'Isère)



**Pour le détail du mode de calcul du RESI, se reporter aux règlements des risques concernés.**



## Références bibliographiques



[Référentiel de travaux de prévention du risque inondation dans l'habitat existant](#)



[Anticiper et minimiser l'impact d'une inondation sur votre entreprise](#)



[Le bâtiment face à l'inondation : Diagnostiquer et réduire sa vulnérabilité](#)



[Réduire la vulnérabilité des réseaux urbains aux inondation](#)



[Le territoire et ses réseaux techniques face au risque d'inondation](#)



## Glossaire

- Aléa** : phénomène, naturel ou technologique, potentiellement dommageable, caractérisé par sa probabilité d'occurrence et son intensité. Pour les crues, plusieurs niveaux d'aléa sont distingués en fonction des intensités associées aux paramètres physiques de l'inondation de référence (hauteurs d'eau, vitesses d'écoulements et vitesse de montées des eaux, durée de submersion).
- Bande de précaution** : zone de danger spécifique située à l'arrière des digues. En cas de défaillance des digues (brèche ou surverse), ces secteurs sont soumis à des volumes et des vitesses d'écoulement extrêmement importants. La bande de précaution est donc inconstructible. Elle permet aussi l'accès aux digues, notamment pour des travaux d'urgence. Cf annexe dédiée page 76 du guide.
- Batardeau** : panneau étanche occultant la partie basse d'une ouverture (porte, fenêtre, etc.), mis en place à l'occasion ou en prévention d'une crue. Peut être utilisé comme protection individuelle contre l'inondation à l'échelle d'un bâtiment.
- Cartes topographiques de l'IGN** : les cartes topographiques représentent avec précision le relief, symbolisé par des courbes de niveau, ainsi que les détails du terrain : routes, sentiers, constructions, bois, arbres isolés, rivières, sources... L'Institut Géographique National les met à disposition en ligne via le Géoportail.
- Champ (ou zone) d'expansion** : espace pas ou peu construit où les eaux peuvent se répandre lors d'un épisode de crue. Il assure une fonction de ralentissement des écoulements, et de stockage des eaux. Un champ d'expansion peut être aménagé pour optimiser son fonctionnement. C'est par exemple le cas des Champs d'Inondation Contrôlée (CIC) créés en amont de Grenoble dans la plaine de l'Isère.
- Cote de référence** : cote altimétrique atteinte lors de l'inondation pour l'évènement de référence. Cf paragraphe dédié en page 16 du guide.
- Cour anglaise** : Une cour anglaise est une cour au niveau du sous-sol et encaissée entre la rue et la façade d'un bâtiment, qui servait entre autres à l'origine à éclairer et ventiler ce niveau, en plus de permettre dans plusieurs cas un accès direct à ce niveau depuis la rue.
- Crue centennale** : cf. « évènement centennal » ci-dessous
- Crue de référence** : cf. « évènement de référence » ci-dessous
- Dent creuse** : espace résiduel, de taille limitée, entre deux bâtis existants (définition de l'article R 562-11-6 du code de l'environnement). En pratique, il s'agit de petits espaces non construits entourés, au moins partiellement, d'espaces bâtis.
- Enjeux** : au sens de la politique de prévention des risques, il s'agit des biens et des personnes exposés à un aléa, et qui présentent une vulnérabilité vis-à-vis de celui-ci.
- Embâcle** : accumulation de matériaux ou objets transportés par les flots (végétation, rochers, véhicules, déchets, mobilier urbain, etc.)
- Évènement centennal** : évènement (ici, inondation) ayant une probabilité de 1/100 de se produire chaque année.
- Évènement de référence** : correspond au maximum entre d'une part l'évènement le plus important survenu sur le territoire, et d'autre part l'évènement centennal. La plupart du temps, les caractéristiques de cet évènement (emprise de la zone inondée, hauteurs d'eau, vitesses d'écoulement) sont décrites grâce à une modélisation hydraulique.

**Géoportail** : <https://www.geoportail.gouv.fr/> - Cf. cartes topographiques

**Hydrodynamique** : dans le cas de l'inondation, se dit de la pression ou de la force induite par le mouvement de l'eau.

**Hydrostatique** : dans le cas de l'inondation, se dit de la pression ou de la force induite par la présence de l'eau en l'absence d'écoulement.

**Isocote** : sur une carte d'aléa inondation, ligne sur laquelle la cote de référence est constante. Cette représentation cartographique permet la lecture de la cote de référence en un secteur donné.

**Mitigation** : mesures visant à limiter les effets d'un phénomène dangereux pour en atténuer les dommages

**Mur déflecteur** : mur conçu de façon à modifier la trajectoire des écoulements. Un mur déflecteur permet d'atténuer la force mécanique du courant sur un bâtiment.

**NGF** : nivellement Général de la France. Réseau de repères altimétriques réalisé en 1969 pour la métropole, il constitue le référentiel officiel des relevés altimétriques qui peuvent être demandés lors d'une demande de permis de construire.

**Noue** : fossé végétalisé, large et peu profond, avec un profil présentant des rives en pente douce. Les noues ont une fonction de stockage des eaux en cas de crue, ou de pluies importantes. L'eau qu'elles recueillent est ensuite évacuée par infiltration dans le sol avoisinant et/ou par un drain vers un système de collecte aval.

**OAP** : orientation d'Aménagement et de Programmation. Pièces réglementaires du PLUi, les OAP peuvent concerner un secteur ou un quartier. Visant à garantir la cohérence des projets d'aménagement avec le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) du PLUi, elles portent notamment sur la qualité de l'insertion architecturale, urbaine et paysagère, la mixité fonctionnelle et sociale, et la qualité environnementale et la prévention des risques. Elles comportent alors un schéma d'aménagement. Les OAP peuvent également être thématiques. C'est le cas de l'OAP « Risques et Résilience » du PLUi de Grenoble Alpes Métropole, qui propose des stratégies d'aménagement adaptées à chaque type d'aléa naturel selon ses spécificités. Elle concerne les nouveaux projets comme les projets sur l'existant.  
Ouvrage de décharge : infrastructure ou installation permettant l'évacuation de l'eau d'un réservoir, ou d'un cours d'eau endigué, lorsqu'elle dépasse une certaine hauteur.

**PAPI** : programme d'Actions de Prévention des Inondations. D'une durée de 6 ans, il s'inscrit dans un cadre partenarial de financement entre l'Etat et les collectivités.

**Péréquation** : la péréquation est un processus qui vise à compenser, en tout ou partie, des inégalités de situation, liées aux contraintes de site par exemple. Cf. encadré spécifique en page 21 du guide.

**Périmètre opérationnel** : périmètre défini pour accueillir une opération d'aménagement.

**PHE(C)** : plus Hautes Eaux (Connues) : cote altimétrique atteinte lors de l'inondation pour l'évènement de référence. Cf. paragraphe dédié en page 16 du guide.

**PLUi** : le Plan Local d'Urbanisme intercommunal est un document d'urbanisme intercommunal qui détermine les conditions d'aménagement et d'utilisation des sols.

**PPRi** : le Plan de Prévention du Risque d'inondation est un outil de prévention contre les risques naturels d'inondation, à l'initiative de l'Etat, permettant d'influer sur l'occupation et l'utilisation des sols.

**PPRn** : Plan de Prévention des Risques naturels (cf. PPRi).

**Programme/programmation :** détermination des composantes de l'opération d'aménagement (formes urbaines, surface de plancher, activités) qui tient compte notamment du coût du foncier, du segment de marché dans laquelle elle s'inscrit et des prix auxquels pourront être cédés les biens créés.

**Ressuyage :** retrait, évacuation des eaux lors de la décrue.

**Risque :** menace qu'un événement dangereux dû à un aléa ait des effets dommageables sur les enjeux, plus ou moins graves, voire catastrophiques, selon leur vulnérabilité.

**Tènement :** ensemble de parcelles contiguës appartenant au même propriétaire ou à une même copropriété.

**Terrain naturel :** terrain existant à la date de la demande d'autorisation d'urbanisme.

**Transparence hydraulique :** la transparence hydraulique est l'aptitude que possède un ouvrage ou un aménagement à ne pas générer de perturbation significative du régime hydraulique et à ne pas aggraver les conséquences des inondations.

**ZAC :** la Zone d'Aménagement Concertée est une opération d'urbanisme publique ayant pour but de réaliser ou de faire réaliser l'aménagement et l'équipement de terrains à bâtir.

## Pour en savoir +

GRENOBLE-ALPES MÉTROPOLE

Le FORUM

3 rue Malakoff - CS 50053

38031 Grenoble Cedex

04 76 59 59 59

[grenoblealpesmetropole.fr](http://grenoblealpesmetropole.fr)

## Auteurs du document



## Avec le soutien financier de



FONDS NATIONAL  
D'AMÉNAGEMENT  
ET DE DÉVELOPPEMENT  
DU TERRITOIRE  
Massif des Alpes



2023

### Auteurs :

Denis Crozier - Cerema Ouest

Paul Guero - Cerema Méditerranée

Chloé Tran-Duc-Minh - Cerema Ouest

Vincent Boudières - Grenoble-Alpes Métropole

Bertrand Marion - Grenoble-Alpes Métropole

### Conception graphique et mise en page

Denis Crozier - Cerema Ouest

Photo couverture : Confluence du Drac et de l'Isère dans la Métropole grenobloise

© Bertrand Marion/Grenoble-Alpes Métropole

