

Risques majeurs & résilience dans le Calvados

De la stratégie
à la conception

14

Calvados

c|a.u.e

Conseil d'architecture, d'urbanisme
et de l'environnement

Les risques majeurs

Le **dossier départemental sur les risques majeurs (DDRM)** du Calvados, établi par le préfet, distingue 4 grandes familles de risques majeurs : **les risques naturels, les risques technologiques, le risque minier et les risques particuliers.**

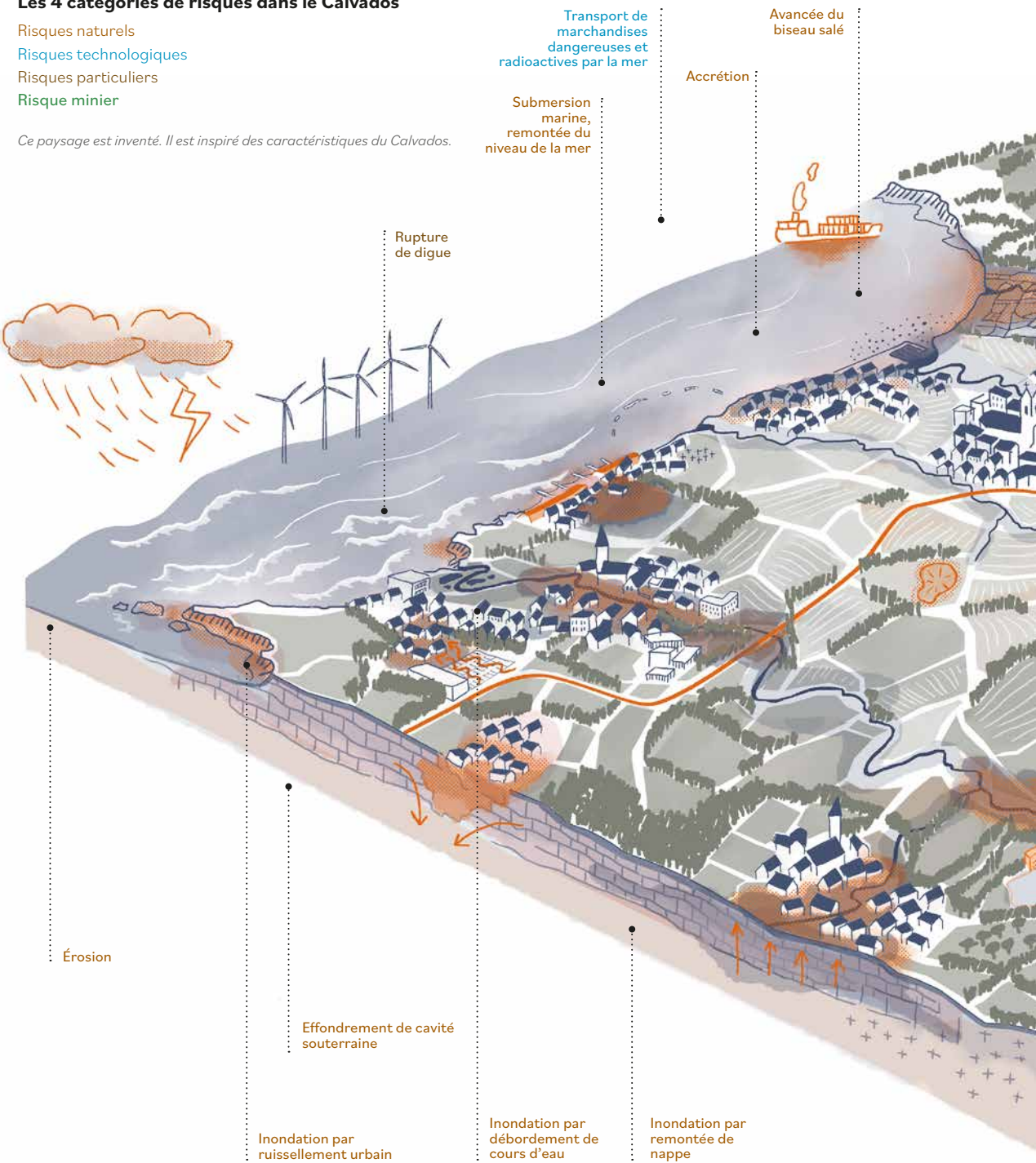
Dans le Calvados, qui nous intéresse plus particulièrement dans ce guide, **5 risques naturels** principaux sont répertoriés : les **inondations**, les **risques littoraux**, les **mouvements de terrain**, les **séismes** et le **risque radon**. Le département est également

LÉGENDE

Les 4 catégories de risques dans le Calvados

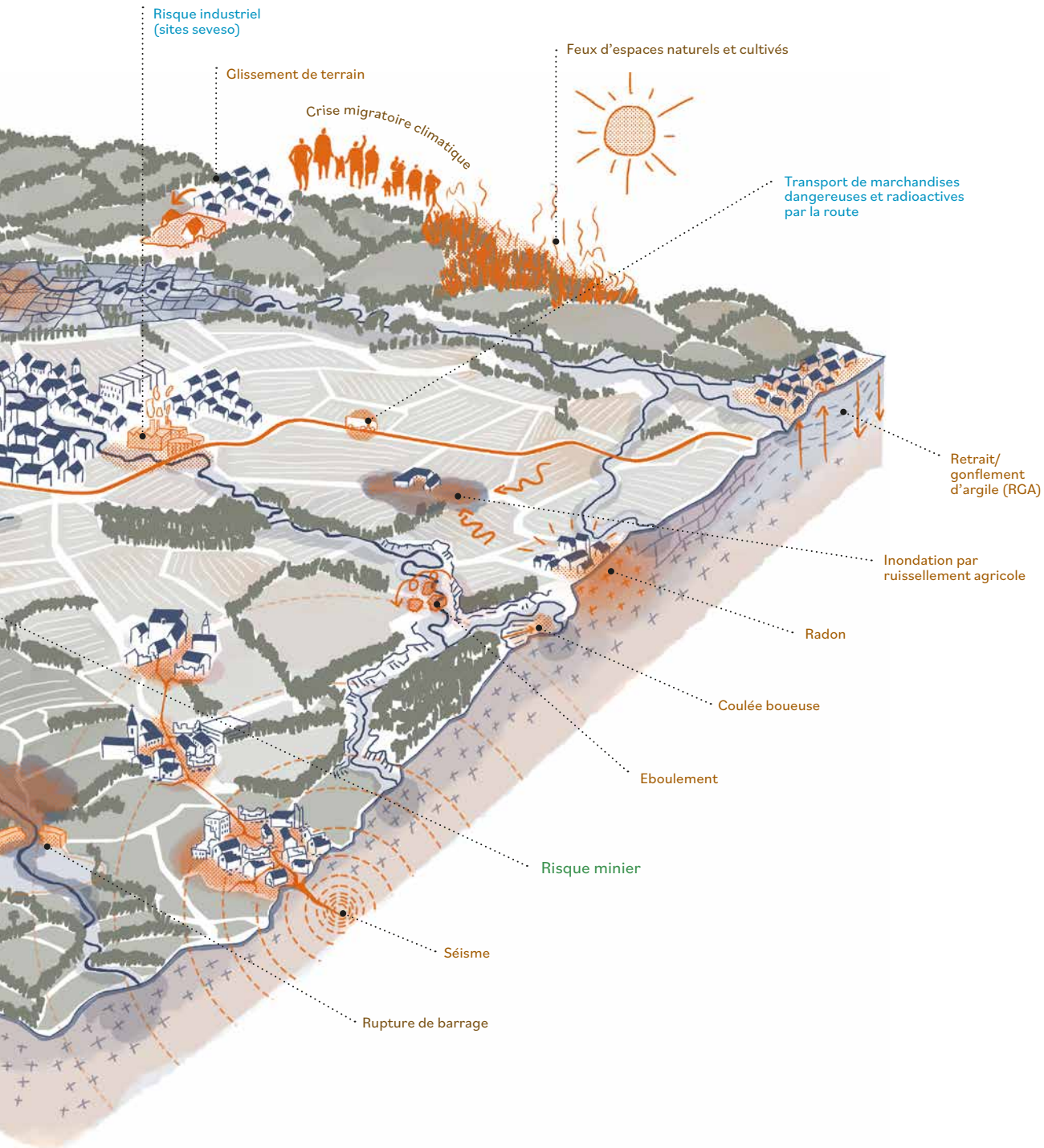
- Risques naturels
- Risques technologiques
- Risques particuliers
- Risque minier

Ce paysage est inventé. Il est inspiré des caractéristiques du Calvados.



exposé à **2 types de risques technologiques** - le **risque industriel** et le **risque de transport de marchandises dangereuses ou radioactives** -, le **risque minier** ainsi qu'à des **risques dits particuliers** - les **phénomènes climatiques**, les **feux d'espaces naturels et cultivés**, les **engins de guerre** et le **risque de rupture de barrage**.

Pour de plus amples informations concernant la définition et la localisation des risques dans le Calvados, se référer au DDRM mis à jour en août 2021.



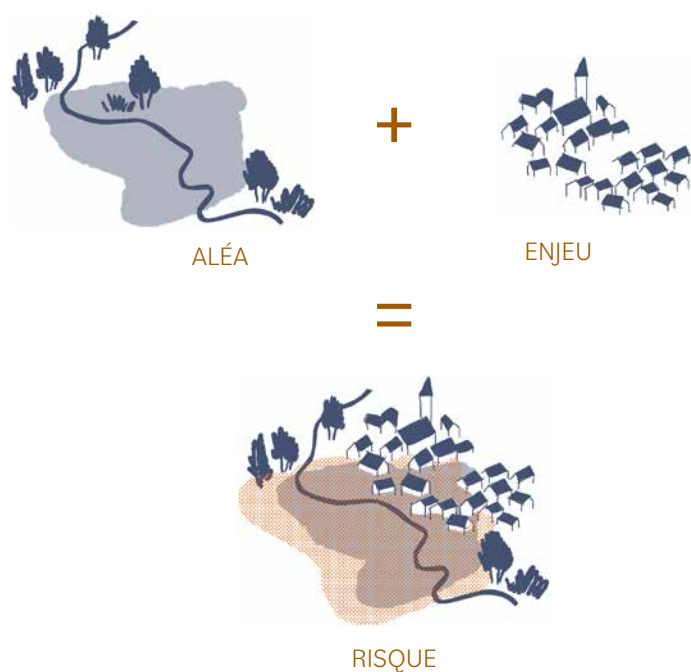
Préambule

Les **concepts de mitigation du risque et de résilience** sont fréquemment mis en avant dans les démarches de projet pour faire face aux enjeux environnementaux. Le terme de **mitigation** vient du latin *mitigare* qui se traduit par “atténuer”. La mitigation est la mise en œuvre de mesures destinées à réduire les dommages associés à des risques naturels ou générés par les activités humaines (on parle de risques anthropiques dans ce dernier cas).

Une **ville résiliente** est une ville diverse, constitutive d’un écosystème commun et ancrée dans son territoire grâce au recours à ses ressources locales et renouvelables. Appliqué aux risques majeurs, **le concept de résilience peut être défini comme la capacité d’un système urbain à absorber des perturbations climatiques et environnementales et à retrouver ses fonctions à la suite de ces perturbations.**

Un événement potentiellement dangereux, appelé **aléa**, est un **risque majeur** lorsqu’il s’applique à une zone à **enjeux** humains, économiques ou environnementaux. Deux critères caractérisent le risque majeur : une **faible fréquence** et une **énorme gravité** en termes de nombre de victimes et d’importance des dommages aux biens et à l’environnement. La **vulnérabilité** mesure ces conséquences.

La **culture du risque** correspond aux connaissances d’une population concernant les risques majeurs sur son territoire. **Pour accroître cette culture, la sensibilisation joue un rôle majeur et elle doit viser l’ensemble des populations.** L’implication **des citoyens** dans cette sensibilisation est indispensable. Il est possible de **conserver des marqueurs physiques** (aménagement artistiques, vestiges scénographiés, réemploi de structures démolies, paysages endommagés, etc.) et sociaux (archivage de témoignages, évènements d’anniversaire, etc.) pour **conserver la mémoire des catastrophes naturelles.**



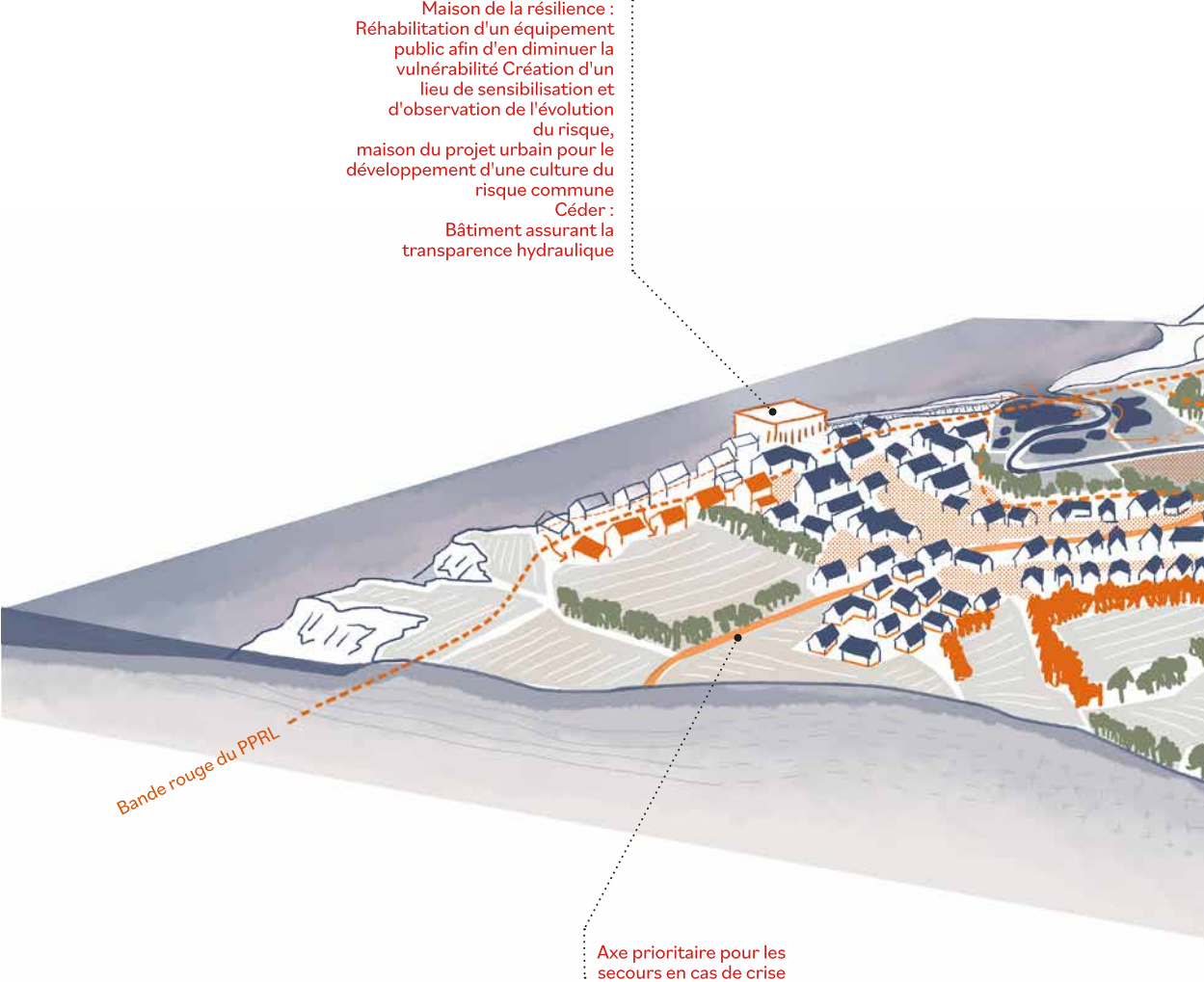
“Quel climat en Normandie pour 2100 ?”
© Région Normandie

PARTIE 1

Un projet en zone à risque naturel, est-ce possible ?



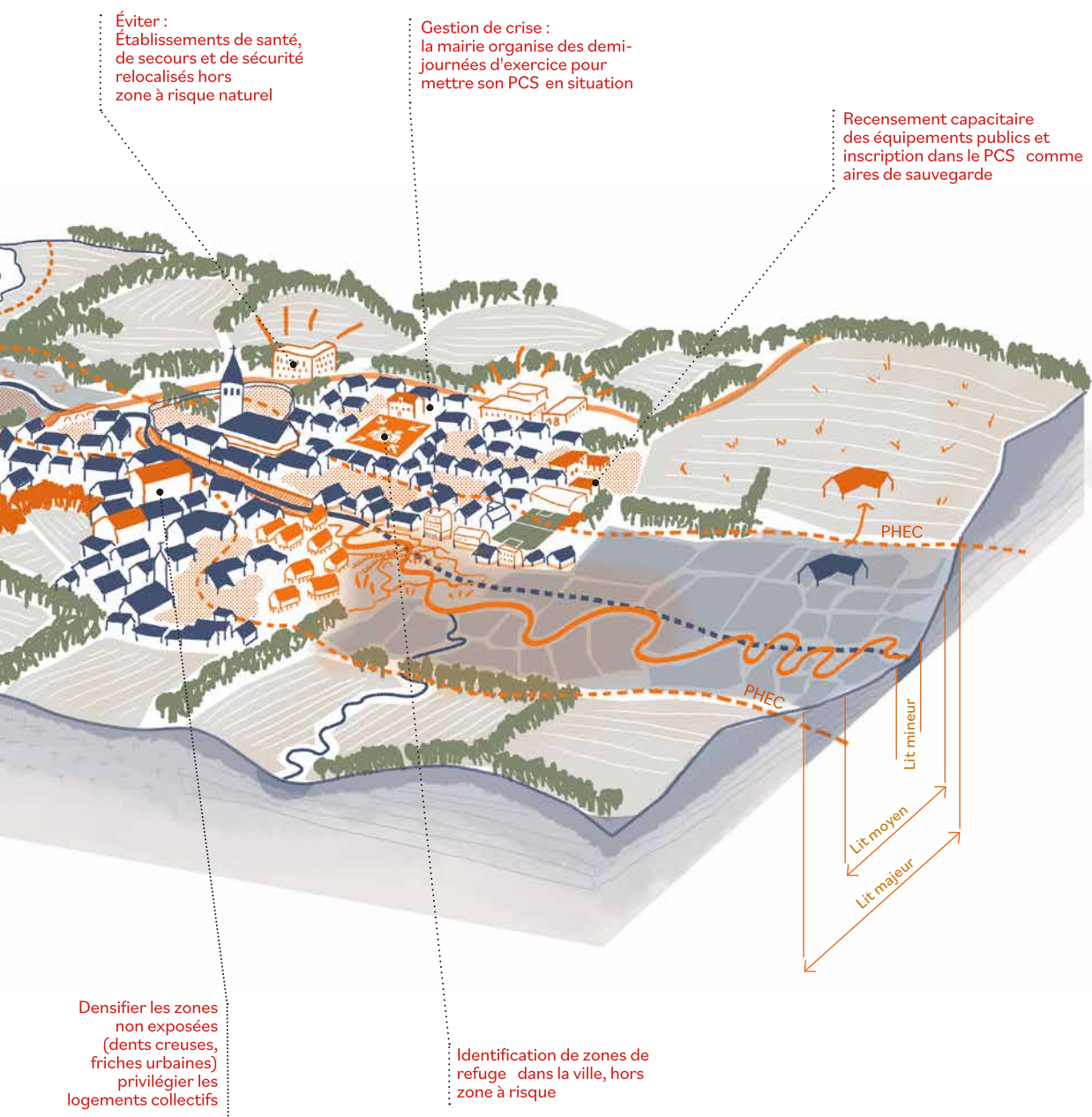
Définir une stratégie territoriale intégrant les risques



LÉGENDE

Mesures globales de stratégie

Ce paysage est inventé. Il est inspiré des caractéristiques du Calvados.



ENGAGER LA “RECOMPOSITION TERRITORIALE” ET LE “REPLI”

À titre préventif et afin de réduire les dommages lors des catastrophes naturelles ou technologiques, il est nécessaire de prendre en compte les risques dans l'aménagement du territoire, en évitant d'augmenter les enjeux dans les zones à risque et en diminuant la vulnérabilité des zones déjà urbanisées.

Les collectivités sont ainsi incitées à planifier l'urbanisme en conséquence. Les documents de planification que constituent les ScoT, PLU et PLUi peuvent intégrer les règles d'usage des sols, l'identification des secteurs naturels à préserver ou restaurer et les modalités de recomposition territoriale le cas échéant. La relocalisation des ensembles bâtis les plus exposés doit être à l'ordre du jour. On parle alors de “repli”.

À titre d'exemple, la communauté de communes Cœur Côte de Nacre a lancé une **“étude de dangers et [un] diagnostic des ouvrages de défense contre la mer”**. Il s'agissait d'étudier les exigences réglementaires concernant les digues classées des communes littorales qui devront figurer dans le PLUi en cours d'élaboration. Pour financer cette étude, la CdC a déposé une demande de subvention auprès de l'État et du Conseil départemental.

PRÉVOIR LA GESTION DE CRISE DANS L'AMÉNAGEMENT URBAIN

Les villes touchées par une catastrophe sont souvent confrontées à la complexité de gestion du moment de crise et de la phase post-catastrophe. Caen a vécu cette situation à la suite de la seconde guerre mondiale lorsqu'il a fallu créer des axes de circulation parmi les déblais.

Il est donc souhaitable d'identifier, au sein des villes, des terrains qui puissent être frappés de servitude en cas de crise et dont la vocation est de servir de rassemblement, de dépôt transitoire et de dispenser les soins et les aides diverses en lieu sûr pendant la phase aiguë de la crise. Des ratios par habitant d'espaces verts, de stades et de places publiques peuvent être définis dans les documents d'urbanisme par exemple. Ils constituent une aide précieuse à la logistique de crise.

En temps normal, ces terrains peuvent être des terres agricoles, des parcs de stationnement, des cours d'école, des lieux d'activités diverses, publics ou privés. Leur réquisition peut être limitée dans le temps, mais les plans de secours doivent les identifier clairement, et leurs fonds grevés d'une servitude dont les caractéristiques doivent être clairement et légalement établies. Ils peuvent aussi faire l'objet de réserves foncières, et être acquis en faisant jouer le droit de préemption de la collectivité.

Par ailleurs, ces documents peuvent prévoir l'aménagement d'un réseau viaire stratégique qui restera praticable en cas de crise pour l'acheminement des secours. Le choix de tracés nouveaux doit s'appuyer sur l'étude des aléas locaux et de la vulnérabilité des tracés existants.

Enfin, la décentralisation des services est une précaution qui permet de réduire la vulnérabilité de la société et de favoriser le **retour à la normale** le plus rapidement possible. Plusieurs casernes de pompiers et plusieurs unités hospitalières permettent d'assurer un service en continu lorsque certaines unités sont concernées par une crise.

Afin d'anticiper le "mode économiquement dégradé", il convient de mettre en place un Plan de continuité d'activité (PCA) pour prévoir la gestion des salariés, de l'eau potable et de l'électricité, le déblaiement, la réouverture progressive des services, etc.

Au Japon, terre de secousses sismiques, chaque famille connaît le lieu de ralliement qui lui est assigné à proximité de son habitation. C'est une préparation à la gestion de la crise qui peut être généralisée à l'école dès le plus jeune âge.

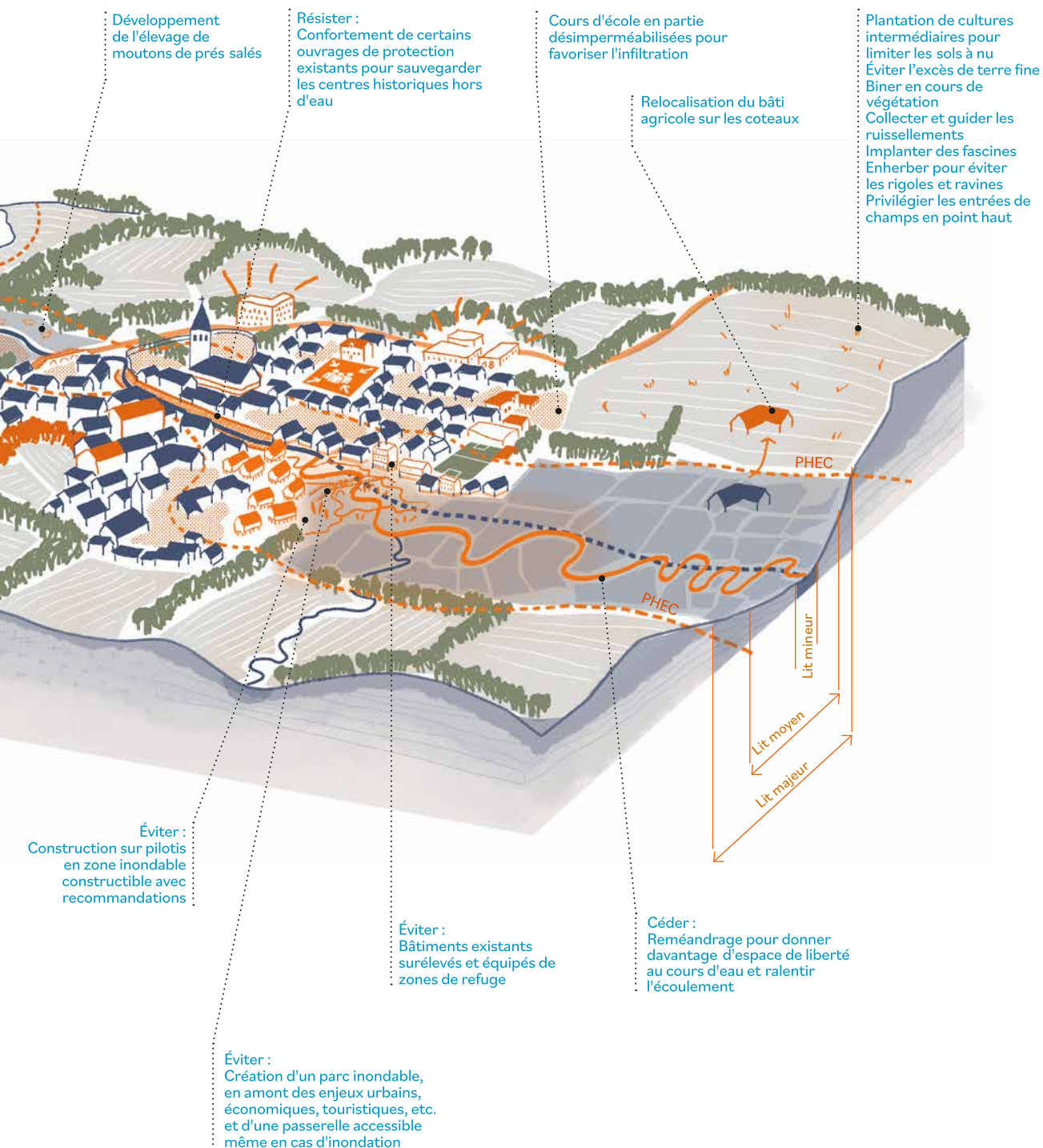
Bonnes pratiques en zone inondable



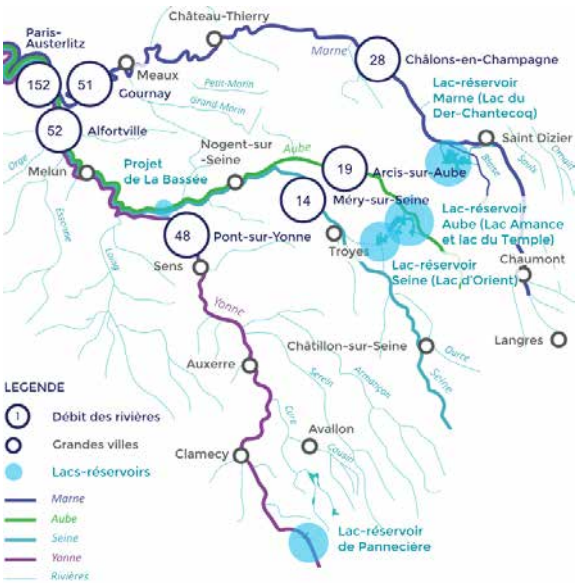
LÉGENDE

Mesures liées aux risques d'inondations

Ce paysage est inventé. Il est inspiré des caractéristiques du Calvados.



LE PRINCIPE DE SOLIDARITÉ TERRITORIALE AMONT-AVAL



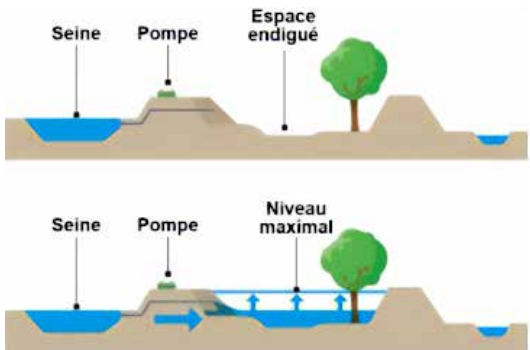
Les quatre lacs-réservoirs et le site de la Bassée
© Crédit : Seine Grands Lacs LP, Mathieu de Martignac

Les risques naturels ne connaissent pas les limites administratives anthropiques et sont inégalement répartis sur les territoires. Face à cette inégalité d'exposition, une **solidarité territoriale amont-aval** peut être mise en place afin que les investissements pour prévenir les risques soient partagés, tout comme le principe de sécurité sociale ou assurantiel face aux catastrophes naturelles.

Le projet Seine Grands Lacs est un exemple de solidarité territoriale à grande échelle, concernant 16 départements. Le projet consiste à la mise en œuvre d'ouvrages de protection des populations franciliennes face au débordement de la Seine.

La première réalisation a été lancée le jeudi 13 octobre 2022 sur le site de la Seine Bassée en Seine-et-Marne. Elle vise à **diminuer la hauteur d'eau des crues** de la Seine jusqu'à 15 cm par le biais du stockage de 10 millions de m³ d'eau grâce à des "casiers". Une **station de pompage** permettra de transférer l'eau de la Seine dans cet espace endigué en cas de crue importante. La station de pompage se compose d'un bâtiment construit sur plusieurs niveaux dont une partie sera dédiée à un usage technique et l'autre, ouverte au public, aura un **rôle pédagogique d'information et de communication**. Sa réalisation représente un investissement de 114 millions d'euros.

Si ce projet pilote est concluant, la construction de 8 autres casiers permettrait d'abaisser la ligne d'eau à Paris de 40 cm lors d'un pic de crue. Le projet global des 9 casiers est estimé à 600 millions d'euros, financés par le MTECT, la métropole du Grand Paris et l'EPTB Seine Grands Lacs.



Principe de fonctionnement de l'ouvrage : en prévision d'une crue de l'Yonne, les eaux de la Seine seraient relevées par pompage et rempliraient progressivement les espaces endigués qui auraient été au préalable évacués. Les activités à l'intérieur des espaces endigués seraient temporairement suspendues.
© Crédit schéma : drieat.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr
© Crédit photo : Le parisien

ACCOMPAGNER LA DÉLOCALISATION ET LA DÉCONSTRUCTION

La stratégie de repli peut nécessiter de délocaliser certains programmes, voire de déconstruire certains bâtiments. Pour ce faire, le **portage politique** doit être fort et sur le long terme.

Cette démarche a été initiée dans l'agglomération blésoise à travers la conception du Parc Agricole Naturel Urbain de la Bouillie à Vineuil. Son aménagement a dû être compatible avec sa vocation de **bras de décharge du déversoir de la Loire**.

Exposé au risque d'inondation, le quartier de la Bouillie présentait en effet une grande vulnérabilité. Une étude hydraulique ayant mis en lumière l'impossibilité de mettre les occupants des maisons à l'abri dans l'attente des secours ou de protéger les habitations, les élus de la Communauté d'agglomération Agglopolys ont retenu la solution d'une **délocalisation lente**, par voie de conciliation avec les habitants. 135 habitations et 30 entreprises ont préventivement été déconstruites dans le quartier de la Bouillie. À la demande de la préfecture et après la réalisation de plusieurs études, la Communauté d'agglomération a mobilisé l'outil que constitue une **Zone d'Aménagement Différé (ZAD)** afin de mettre en œuvre une stratégie progressive de **désurbanisation sur un temps long** et de bénéficier d'un **droit de préemption** pour un rachat des propriétés, avant d'en programmer la destruction. En parallèle, une politique de communication et une **démarche de concertation** avec les habitants et les usagers du site ont favorisé les rachats face à l'impossibilité réglementaire d'avoir recours à l'expulsion. Les prix d'acquisition ont été gelés à la date de création de la ZAD, empêchant ainsi toute dévalorisation pour les derniers vendeurs. Cette phase a été estimée à 20 millions d'euros, coût bien inférieur à celui des dommages provoqués par une crue bi-centennale de la Loire estimés à 150 millions. Les acquisitions immobilières ont été subventionnées par le Fonds Barnier.

Ce type de démarche peut s'avérer périlleux car la communication entre la collectivité et les habitants peut être rompue, le montage financier et l'estimation des biens doivent être travaillés au cas par cas.

Par ailleurs, sans projet immédiat, **la désurbanisation peut impliquer la création de nombreux délaissés** à la suite de délocalisations et de démolitions. Les enjeux de territoire et de paysage doivent donc être anticipés en amont du lancement du processus de désurbanisation. Le seul usage de l'outil réglementaire est insuffisant et **deux temporalités d'étude sont nécessaires**.

Un **accompagnement sur le long terme** et la **programmation de la phase transitoire** sont également essentiels.



Délimitation de la ZAC de la Bouillie et axes d'écoulement des déversoirs
© Crédit schéma : J.-P. Valette

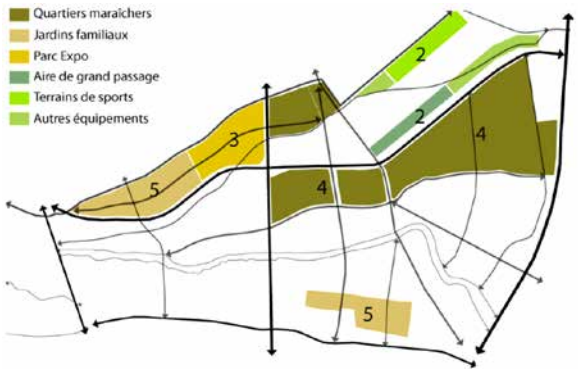


Schéma d'implantation des usages
© Crédit schéma : Agence Chorème F&G Morisseau



Quartier et déversoirs de la Bouillie, 2009
© Crédit schéma : Agence Chorème F&G Morisseau



Projet de parc agricole urbain de la Bouillie
© Crédit schéma : Agence Chorème F&G Morisseau

L'agence de paysage Chorème a donc accompagné la collectivité par le moyen d'une **étude prospective** sur le devenir du quartier proposant plusieurs scénarios d'aménagement, avec l'ambition de construire une réflexion fondée sur le paysage et compatible avec le risque d'inondation et surtout "d'accompagner la libération des parcelles par la réalisation progressive du projet retenu". L'équipe a notamment proposé de développer un aménagement compatible avec la vocation de bras de décharge du site, à savoir : des activités d'élevage et de maraîchage, la valorisation des milieux naturels humides et la mise en place d'itinéraires de promenade. Seules des activités nouvelles laissant le champ libre aux écoulements provenant des déversoirs pourront être implantées.

Les paysagistes ont également développé des éléments de communication autour du projet à destination de la population afin de démontrer l'absence d'instrumentalisation du risque d'inondation au service d'un autre projet d'urbanisation ou de toute autre spéculation, que les élus souhaitaient éviter.

CHOISIR DES MATÉRIAUX FAVORISANT UNE VENTILATION OU UN REMPLACEMENT AISÉS

Il existe **trois types de phénomènes physiques** d'atteinte des ouvrages par l'eau : les **infiltrations**, les **remontées capillaires** et la **condensation**.

La **pression exercée par l'eau** sur le bâtiment peut engendrer **trois types de dommages** : le **déjaugage du bâtiment**, la **baisse de la résistance mécanique** du matériau et la **saturation en eau** des matériaux. En fonction du temps d'exposition des matériaux à l'eau et du type d'ouvrage, des impacts esthétiques sur le bâtiment peuvent survenir, ainsi que des impacts sur la santé des usagers. **Le choix des matériaux est donc particulièrement important**. Il n'existe pas de classement normalisé des matériaux testés dans des conditions comparables à celles d'une inondation. Toutefois, les retours d'expériences montrent que, pour s'adapter à une immersion partielle ou totale d'un bâtiment et pour prévoir un retour "à la normale" le plus rapide possible, la conception peut :

- Prévoir un vide sanitaire de 80 cm de hauteur minimale, qui doit comporter une ventilation efficace ;
- Privilégier les huisseries métalliques, ainsi que les menuiseries en aluminium ou en acier pour les portes et les fenêtres ;
- Éviter les cloisons alvéolaires et les cloisons en bois ;
- Privilégier céramique, pierre, terre cuite, scellée ou collée, pour les revêtements de sol, ou bien le support bois aisément remplaçable.

Il faut de plus être attentif aux **interfaces entre les différents ouvrages**, **limiter les points de rosée** et **ventiler** convenablement le bâtiment. Il s'agit également d'appréhender comment l'eau peut ressortir le plus rapidement possible des ouvrages et comment ces derniers peuvent être nettoyés et séchés, remplacés le cas échéant.

CHOISIR UNE STRATÉGIE

L'expertise des architectes permet de concevoir des projets adaptés à cette contrainte. Le Référentiel de travaux de prévention du risque d'inondation dans l'habitat existant, réalisé par le Ministère de la transition écologique suite à des actions menées par le CEPRI et le CSTB propose trois stratégies afin de prévenir les risques d'inondation : éviter, résister ou céder face au risque.

Il est possible d'**éviter** le risque d'inondation lorsque les mesures sont prises pour que l'eau ne puisse atteindre les parties occupées du bâtiment, en tirant partie des zones du terrain surélevées ou en surélevant le bâti pour que le plancher du rez-de-chaussée de la construction soit au-dessus de la **cote de référence**. Les **bâtiments amphibiens** appartiennent à cette catégorie. Il s'agit de bâtiments qui peuvent suivre la montée et la descente du niveau d'eau au fil des crues et des décrues.

Cette mesure présente plusieurs avantages. Elle est compatible avec tous les types d'aléas, elle évite les dégradations matérielles en cas d'inondation et enfin, les usagers peuvent rapidement réintégrer les lieux après la décrue.

Cependant, certaines contraintes vont de paire avec cette stratégie. Il peut effectivement s'avérer nécessaire de créer un vide sanitaire, un remblai, un garage en rez-de-chaussée ou des pilotis. Surélever le niveau de vie complexifie alors l'adaptation du bâti à la réglementation d'accessibilité aux personnes à mobilité réduite (PMR). Ce principe trouve aussi ses limites dès lors que le niveau du rez-de-chaussée est surélevé.

Résister face aux risques d'inondation consiste à limiter la pénétration de l'eau dans les bâtiments, voire dans tout un quartier. Les murets ou les digues le long des cours d'eau y participent et constituent des **protections permanentes**. Les **batardeaux** et les barrières anti-crues sont les **dispositifs temporaires** les plus courants pour protéger un bâtiment ou un ensemble de bâtiments. Ils sont intéressants dans la mesure où ils peuvent s'adapter à l'existant.

En revanche, cette stratégie doit être mobilisée uniquement lorsqu'un enjeu particulier doit être protégé. Effectivement, cette technique n'offre pas une protection absolue et peut procurer un **faux sentiment de sécurité** derrière un ouvrage de protection ou en incitant les personnes à rester à l'intérieur des constructions alors que son efficacité est incertaine vis-à-vis de l'évolution des aléas.

Afin d'être en mesure d'installer les dispositifs temporaires, l'alerte doit être donnée suffisamment tôt. Enfin, ces dispositifs doivent pouvoir résister à l'impact des matériaux charriés par l'eau : branches, mobilier, etc.

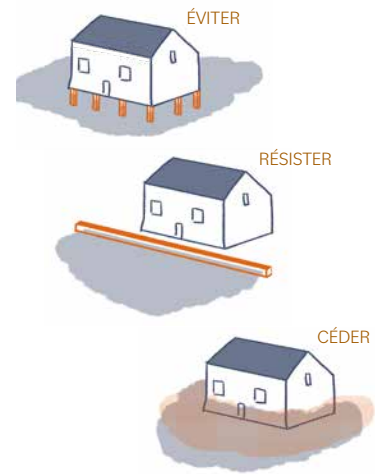
De plus, la hauteur d'eau doit être inférieure à 1 m pour permettre la circulation des personnes et leur évacuation. Au-delà, il est très difficile d'ouvrir une porte ou même de se mouvoir.

Il est toujours recherché de protéger les constructions de l'eau : débords de toiture, étanchéité, isolation, ventilation, etc. Construire à proximité de l'eau signifie que ces protections devront être développées.

Céder face au risque d'inondation consiste à laisser pénétrer l'eau. En contrepartie, toutes les mesures nécessaires pour limiter l'endommagement des constructions et des équipements doivent être entreprises pour réduire le délai de retour à la normale et pouvoir réinvestir les lieux le plus rapidement possible après la décrue.

Comme pour la stratégie de résistance, cette stratégie nécessite une durée d'immersion limitée. Au-delà de 48 h, les matériaux en pâtissent et les populations dépassent leurs moyens habituels d'autosuffisance.

Dans tous les cas de figure, la création d'une **zone refuge** (fenêtre de toit, balcon) est judicieuse dès lors que le type d'inondation ne permet pas d'anticiper une évacuation du bâtiment en temps opportun.



Les trois stratégies possibles face à l'inondation

GESTION ALTERNATIVE DES EAUX PLUVIALES POUR LIMITER LE RUISSELLEMENT ET LA SATURATION DES RÉSEAUX



Modification des bordures de trottoir rue de la Dives à Cabourg
© Crédit photo : Agence de l'eau Seine-Normandie



Avant



Après

Aménagements avant/après rue Soeur Valérie à Asnières (Hauts-de-Seine)
© Crédits photos : Quatrevingtdouze

L'Agence de l'eau incite les maîtres d'ouvrage à intégrer, dans leurs projets, une gestion alternative des eaux pluviales. L'objectif est de réduire les quantités de polluants déversés (objectif qualitatif) et de décharger les réseaux d'assainissement des eaux de ruissellement (objectif quantitatif).

Dans le quartier est de Cabourg, des travaux ont ainsi été réalisés par l'Agence de l'eau Seine Normandie afin de gérer les eaux de ruissellement sans tuyaux et à ciel ouvert.

Déterminer les couloirs d'écoulement majeurs à partir des lignes de crête, des pentes, des types de revêtement de sol et localiser les zones de dépression permet d'anticiper les lieux susceptibles d'être inondés.

LIMITER L'IMPACT DU PROJET SUR LE SITE

Les revêtements imperméables et les surfaces bâties empêchent l'infiltration naturelle de l'eau dans le sol et contraignent la progression naturelle de l'eau. Il est possible de favoriser l'infiltration de l'eau par une gestion intégrée des eaux pluviales à la parcelle, par le biais de revêtements de sol perméables, de noues d'infiltration, de jardins de pluie et en récupérant les eaux de toiture pour l'arrosage notamment.

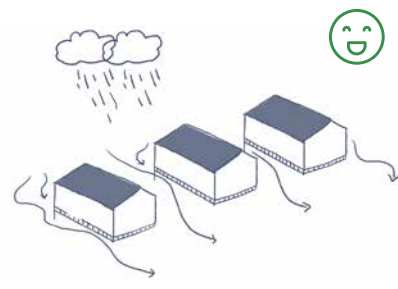


Toiture végétalisée
© Crédit photo : rénovation-toiture.fr

Implanter les constructions parallèlement à la pente du terrain favorise l'écoulement de l'eau, assure la transparence hydraulique et limite la poussée exercée par l'eau sur les bâtiments. La transparence hydraulique est assurée lorsqu'aucun obstacle majeur n'obstrue l'écoulement des eaux.



Éviter une implantation perpendiculaire au sens d'écoulement des eaux



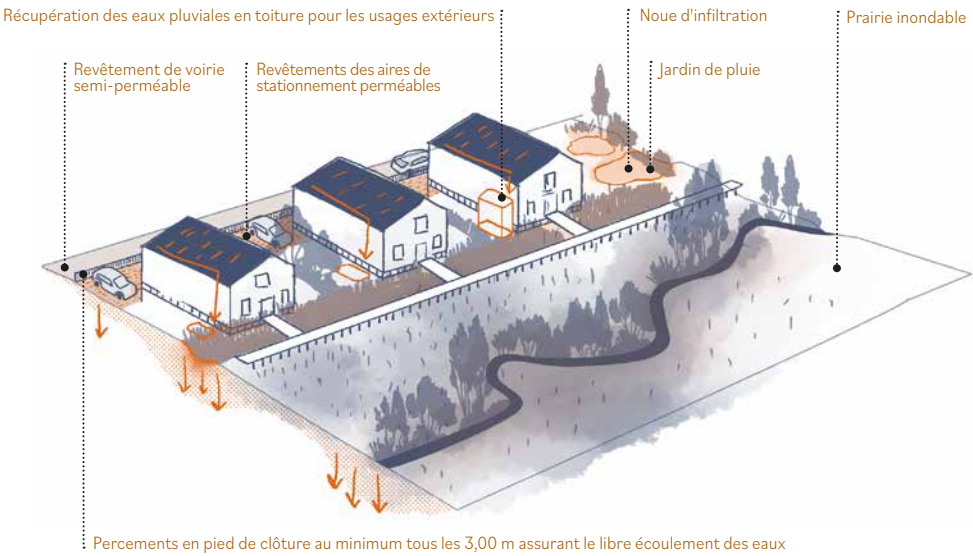
Favoriser une implantation parallèle au sens d'écoulement



Noue d'infiltration, Saint-Jacques-de-la-Lande
© Crédit photo : CAUE44



Aire de stationnement perméable, parking Honfleur Normandy Outlet
© Crédit photo : CAUE 72

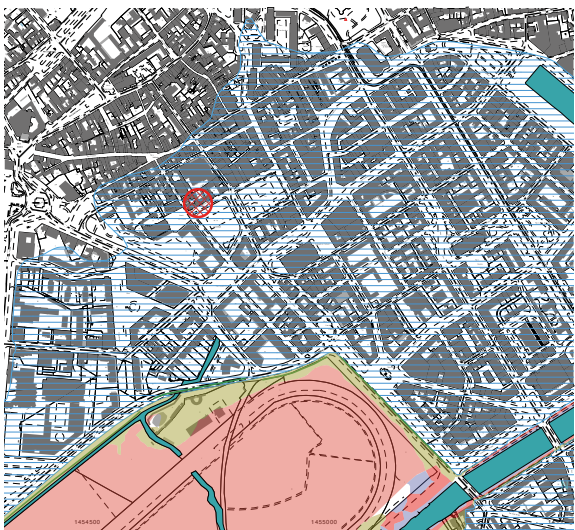


La gestion intégrée des eaux pluviales

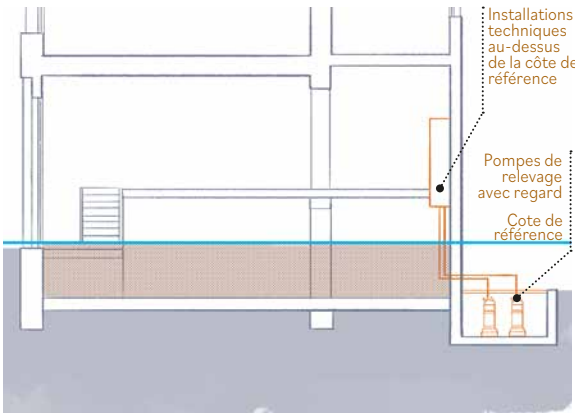
ADAPTER LE BÂTI EXISTANT EN ACCEPTANT L'INONDABILITÉ



Inondation du sous-sol le 22/07/2013
© Crédit photo : CAUE 14



Plan de situation du projet + PPRI
© Crédit photo : CAUE 14



Les préconisations techniques en zone inondable

Adapter le bâti existant au risque d'inondation

est moins évident que la conception de constructions neuves. Des contraintes structurelles, patrimoniales, économiques, d'accessibilité au chantier et d'accessibilité PMR peuvent se superposer. Face à ces contraintes, la stratégie la plus adaptée est souvent "céder".

Le Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement du Calvados, installé depuis 1997 au 28 rue Jean Eudes à Caen dans un immeuble du XIX^e siècle, a souhaité réaliser des travaux afin d'améliorer l'accueil et l'accès au public de ses locaux, personnes à mobilité réduite comprises. Pour ce faire, l'équipe de maîtrise d'œuvre a dû faire face à plusieurs contraintes d'ordre structurel d'une part, et à l'exposition du site à des risques d'inondation - débordement de l'Orne, remontée de la nappe phréatique affleurante et ruissellement urbain - d'autre part.

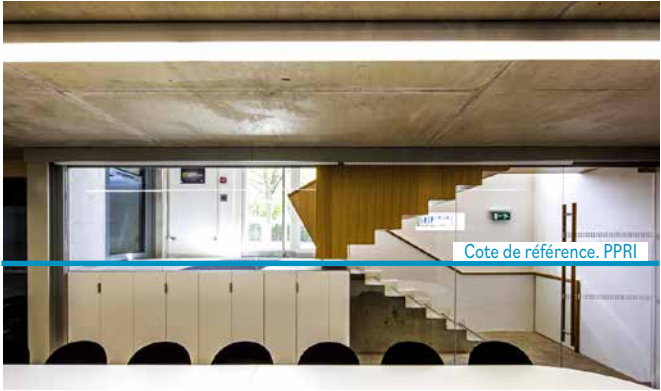
Les études géotechniques préconisaient initialement de cuveler le sous-sol, c'est-à-dire de revêtir les murs d'un enduit hydrofuge afin de les rendre étanches. Cela nécessitait la création d'un contre-voile périmétrique en béton armé de 20 à 25 cm d'épaisseur car les murs initiaux en maçonnerie n'auraient pas supporté la poussée hydrostatique et le cuvelage, et donc une perte de surface utile. Il aurait également été nécessaire d'abaisser le niveau fini du sous-sol et de pomper l'eau de la nappe tout au long du chantier.

L'équipe de maîtrise d'œuvre retenue a fait une toute autre proposition : assumer l'inondabilité du sous-sol et conserver le niveau du plancher bas en rehaussant le plancher haut du sous-sol.

Les équipements techniques fixes (chaudière à gaz, placards électriques TGBT, ERDF, baie de brassage informatique) ont été installés dans les étages, au-dessus du rez-de-chaussée rehaussé, à +1,1 m de la cote de référence.

La distinction entre le R-1, situé sous la cote d'inondabilité, et l'accueil "hors d'eau" est marquée par une différence de matérialités. Dessous, une architecture minérale autour du béton brut est peu sensible à l'humidité. Dessus, l'escalier en bois massif est suspendu et assure un lien visuel et physique entre les trois demi-niveaux.

Le long des murs existants du R-1, une contre-cloison en carreaux de brique, perforée en tête et en pied, crée une lame d'air et permet une ventilation en cas de remontée d'humidité.



Les jeux de niveaux et de matérialités autour de la cote de référence
 © Crédit photo : Des clics et des calques

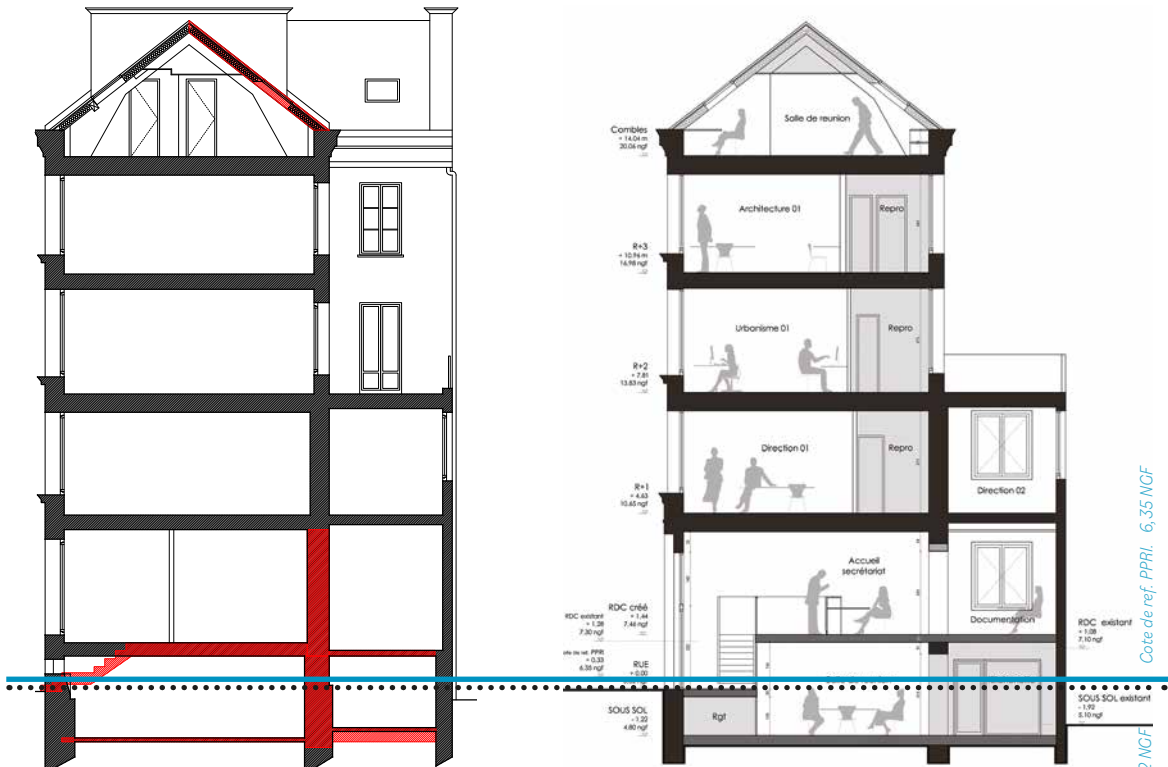


Opacité de l'accueil et non-accessibilité PMR avant travaux
 © Crédit photo : CAUE 14



La première marche de l'escalier correspond à la cote de référence du PPRI
 © Crédit photo : Des clics et des calques

COUPES SUR LE BÂTIMENT DU CAUE 14.



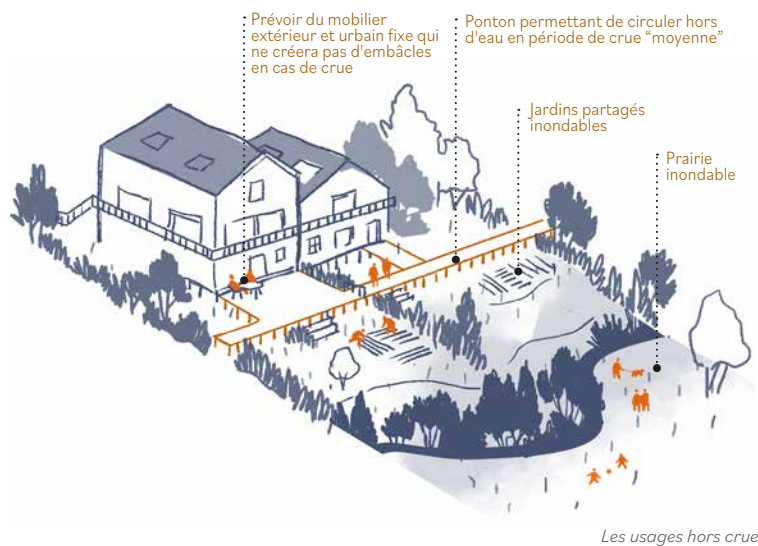
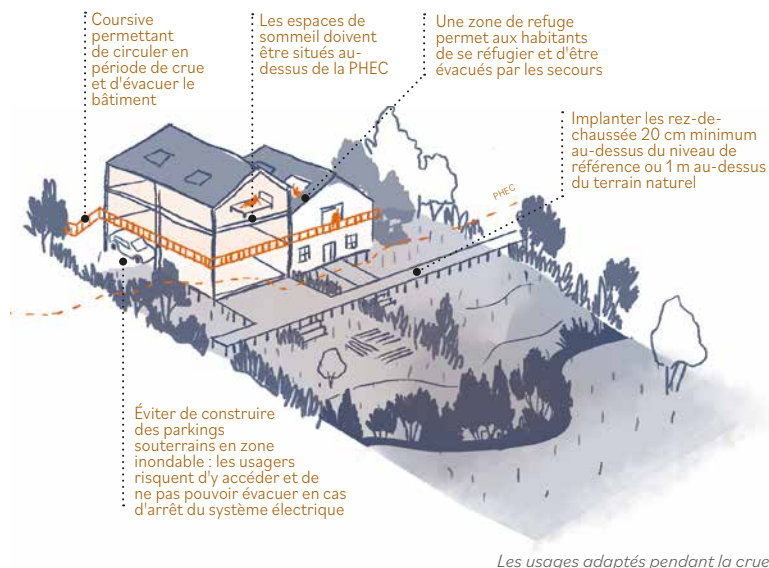
Coupe transversale indiquant les éléments structuraux qui ont été démolis, cote de référence au niveau de la cave

Coupe transversale du projet, cote de référence au niveau de la salle de réunion

ADAPTER LES USAGES LORS DES CRUES

Il est judicieux de prévoir des circulations restant accessibles en cas de crue pour assurer la mise en sécurité et l'accès des secours pour la gestion de crise.

Il est envisageable de construire en zone inondable si le programme et le projet anticipent l'entrée et la sortie de l'eau.



La Ville de Montfort-sur-Meu a décidé d'implanter son projet de Maison de l'Enfance sur un terrain inondable car celui-ci se situe au cœur du quartier des écoles et des équipements sportifs et culturels de la commune. **L'inondation a été parfaitement assumée dans la conception** puisqu'une partie des accès et du programme est inaccessible en cas d'alerte d'inondation. Un périmètre a été prévu pour fermer, en cas de besoin, l'accès au jardin inondable depuis la rampe.

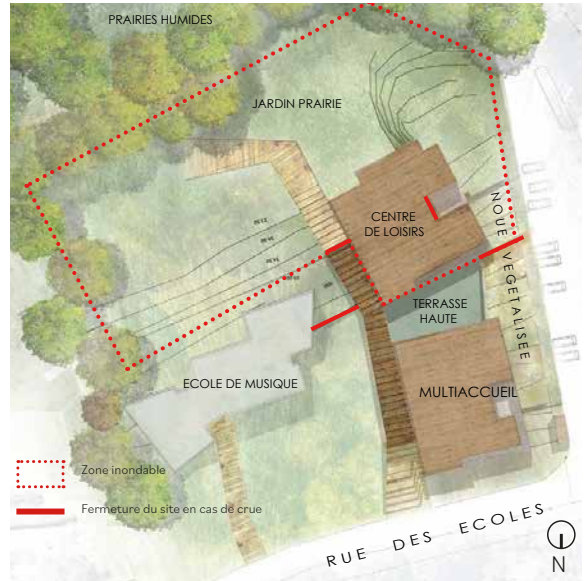
La pente du terrain a, quant à elle, déterminé l'implantation du programme permanent en partie haute, la moins exposée.

Par ailleurs, pour limiter la surface soustraite à l'expansion des crues, conformément à la Loi sur l'eau, les volumes de déblais et remblais ont été équilibrés. Des remblais ont en effet été nécessaires pour assurer la fonctionnalité du site et l'accès des pompiers

Afin d'assurer une emprise au sol inférieure à 15% de la surface de l'unité foncière, en accord avec le PPRI, un argument structurel a été retenu. Le bâtiment repose sur 20 piliers d'environ 1 m² chacun. L'emprise calculée pour ce projet est donc d'environ 20 m² seulement ! Effectivement, la transparence hydraulique est conservée en rez-de-chaussée grâce à un vide sanitaire ouvert en béton qui le surélève de 30 cm au-dessus de la cote des plus hautes eaux connues (PHEC) et autorise le passage de l'eau sous le bâtiment en cas de crue centennale. L'implantation du bâti respecte, de plus, le sens d'écoulement des eaux.



Plan de situation du projet + PPRI + Équipements
© Crédit plan : CAUE 14



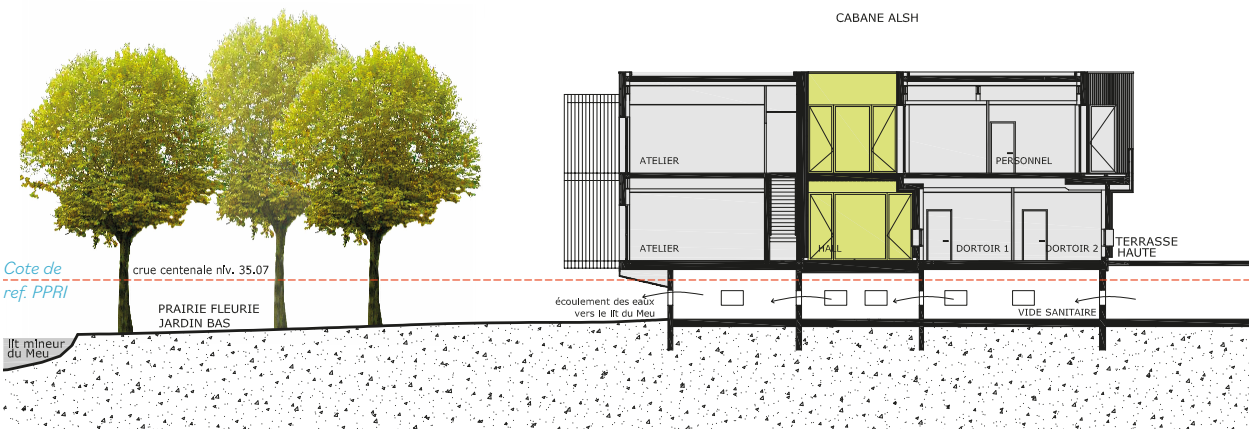
Plan masse du projet et scénario de fermeture du site en cas de crue
© Crédit plan : agence Normier + Poste



La rampe d'accès dessert l'ensemble du projet. Elle est partiellement fermée en cas d'alerte inondation.
© Crédit photo : agence Normier + Postec



Le vide sanitaire ouvert en béton laisse circuler l'eau sous le rez-de-chaussée en cas d'inondation.
© Crédit photo : agence Normier + Postec



Coupe sur le bâtiment indiquant la crue centennale à laquelle doit être ajoutée une garde de + 0,30 m permettant de mettre l'épaisseur de la dalle du rez-de-chaussée hors d'eau. Les flèches indiquent l'écoulement de l'eau à travers les grilles en R-1
© Crédit plan : Normier + Postec architectes

TRAVAILLER À PLUSIEURS ÉCHELLES DE TEMPS POUR RÉPONDRE AUX PROBLÉMATIQUES ACTUELLES ET ENGAGER UNE RÉPONSE À CELLES DE DEMAIN

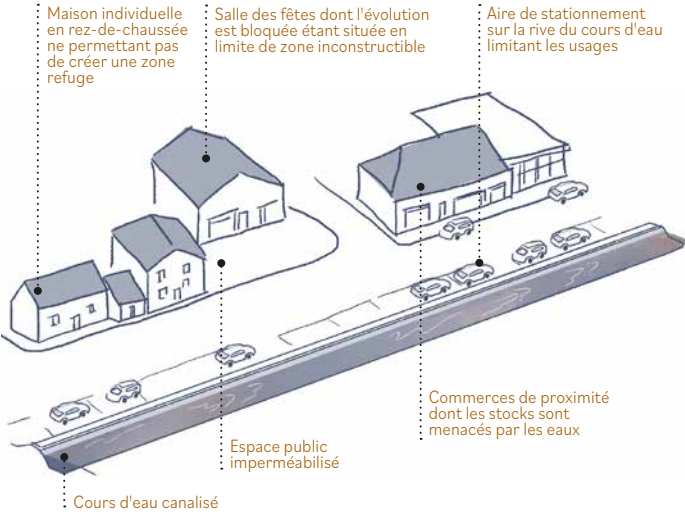
Les stratégies de “repli” ou de “**recomposition territoriale**” sont fréquemment travaillées par les concepteurs, mais rarement mobilisées par les collectivités, en raison des impacts politiques, économiques, parfois patrimoniaux voire touristiques sur le territoire.

Pour favoriser l’activation de cette stratégie, la collectivité peut travailler sur deux échelles de temps, de manière simultanée : **l’adaptation de l’existant aux besoins et aux usages actuels** en premier lieu, et **la planification de la recomposition** en second lieu, dans la perspective d’une adaptation du territoire au scénario climatique projeté par le GIEC normand à l’horizon 20100.

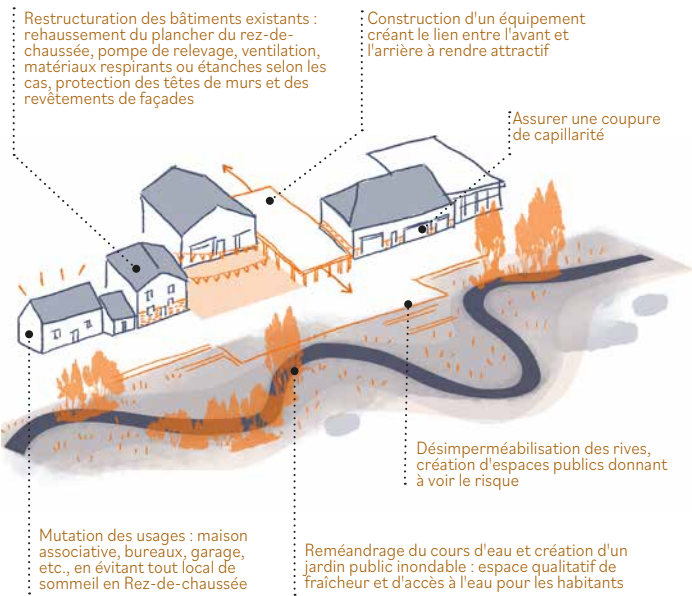


Projection de transformation d'un quai permettant de stocker l'eau à Trouville-sur-Mer; Tisser le territoire de la basse vallée de la Touques par l'eau, © Crédit photo et photomontage : Victoria Verret, Architecte DE et Sébastien Piasco, Paysagiste et urbaniste

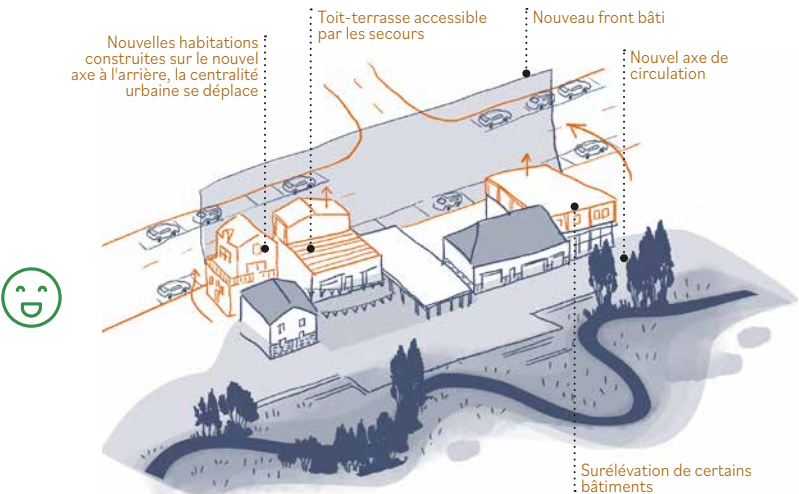
TEMPS 0 : contexte existant



TEMPS 1 : le temps du dépli



TEMPS 2 : le temps du repli

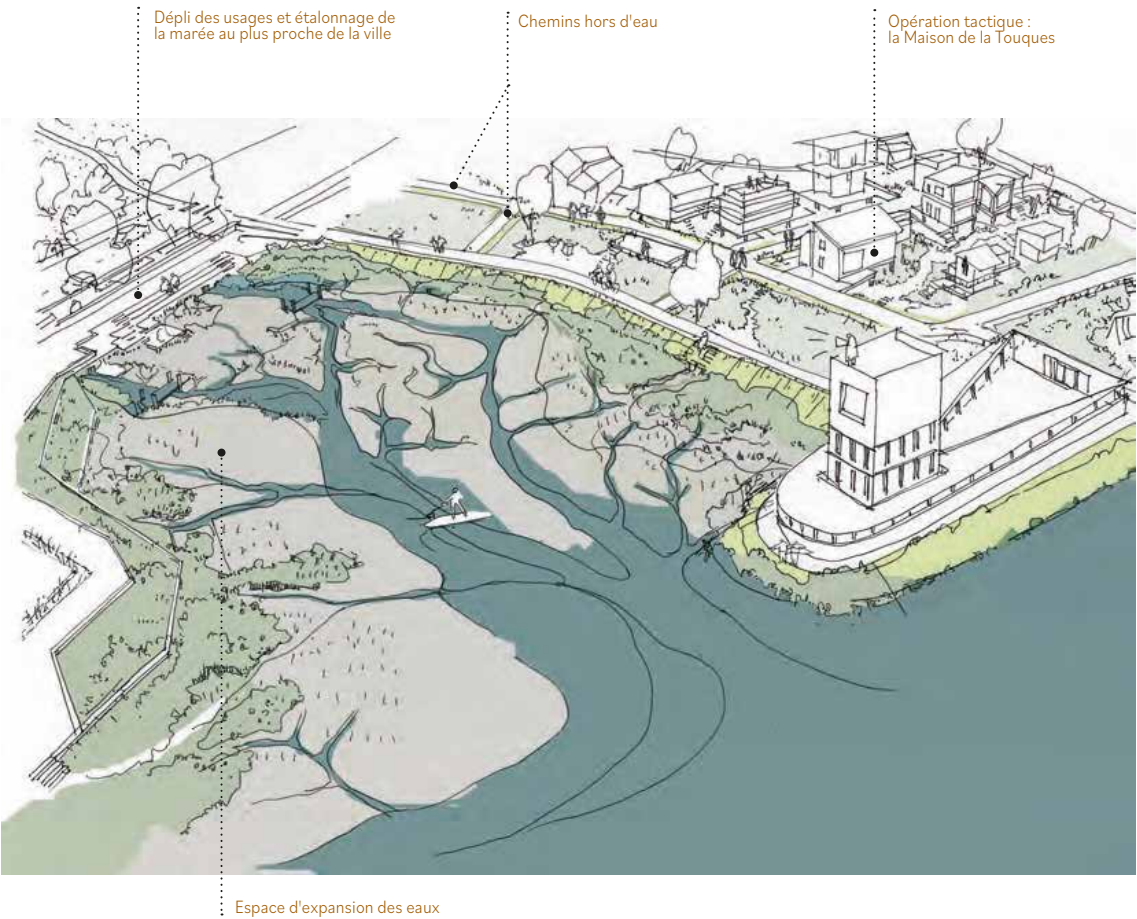


L'équipe lauréate du concours d'idées de maîtrise d'œuvre AMITER² "Mieux aménager les territoires en mutation exposés aux risques naturels" lancé en 2022 par le PUCA, le Ministère de la Transition écologique et le CEREMA, pour le projet de réaménagement des berges de la Touques a proposé d'accompagner la transformation du territoire par l'expérimentation d'**interventions de transition**.

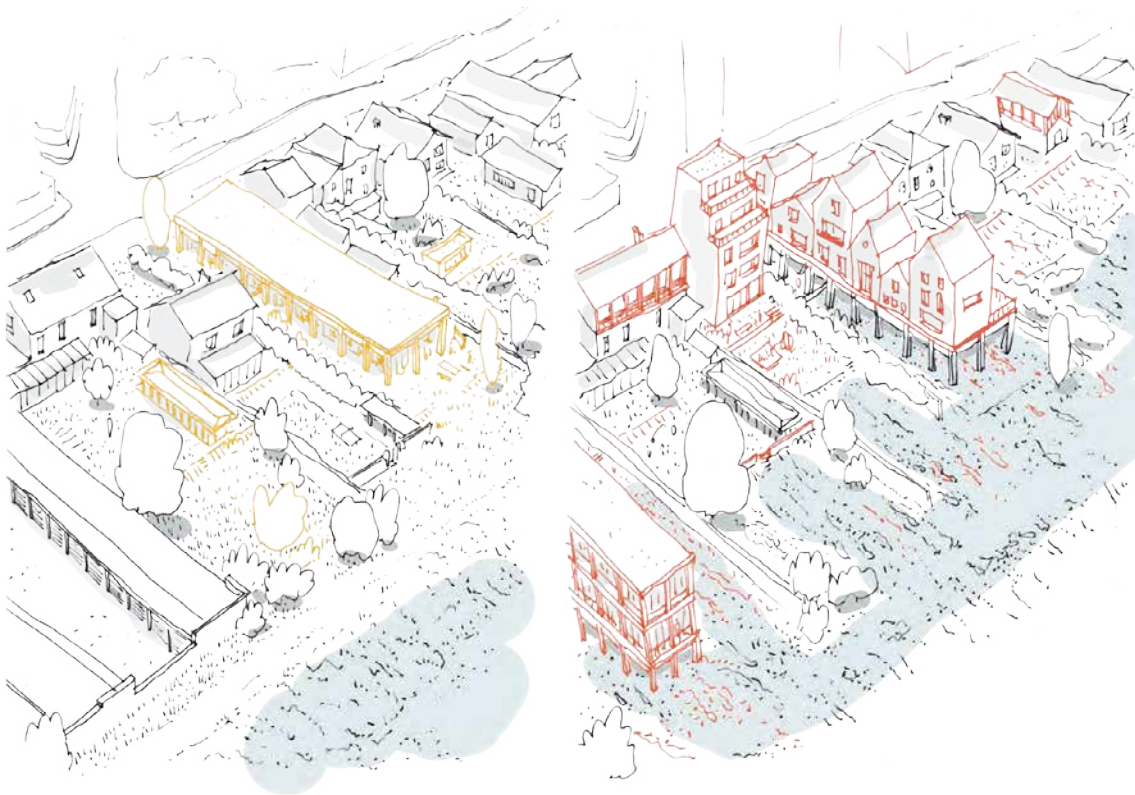
Dans leur projet "Habiter le lit majeur de la Touques", le "**dépli**" serait le temps des architectures et aménagements qui occupent les lieux en attendant d'être donnés à l'eau. Il peut s'agir de rez-de-chaussées temporaires destinés à être inondés ou d'ateliers et bureaux démontables et réemployés par exemple.

Sur le plus long terme, le projet engage le "**repli**" à travers la transformation de la rue longeant la Touques en "digue-quai" qui deviendrait un tracé directeur urbain réglementaire sur des dizaines d'années afin d'amorcer la transformation de la rue en nouvelle rive de la Touques.

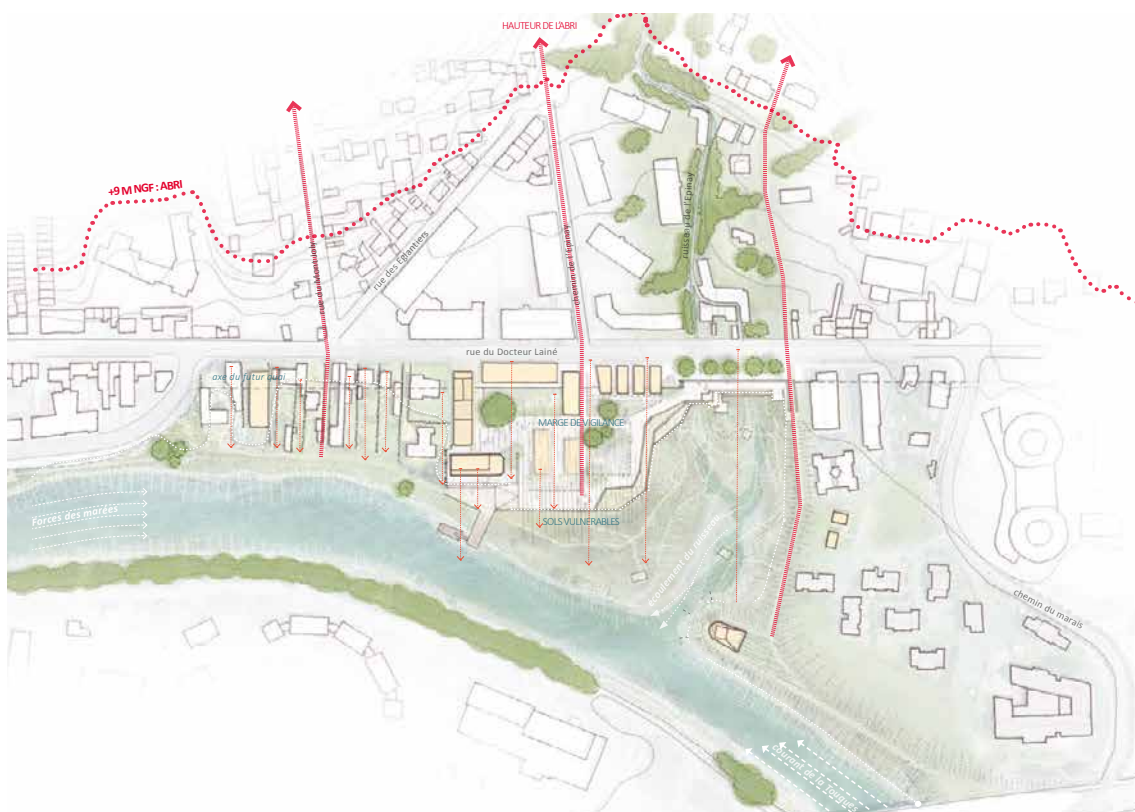
Cette double temporalité permet également d'adapter les différentes typologies architecturales à la montée des eaux.



La Maison des synergies de la Touques : un bâtiment tactique, politique et refuge à la confluence de l'Epinay et de la Touques.
© Yannick Gourvil (mand.), Artelia, BMC2, Céline Bodart, Florence Sylvos, Chris Younès



Dépli et repli des maisons sur les parcelles en lanrière : densification de parcelles et surélévation des bâtiments
 © Yannick Gourvil (mand.), Artelia, BMC2, Céline Bodart, Florence Sylvos, Chris Younès



Plan masse du projet localisant les sols vulnérables, la marge de vigilance et les hauteurs de l'abri
 © Yannick Gourvil (mand.), Artelia, BMC2, Céline Bodart, Florence Sylvos, Chris Younès

Bonnes pratiques face aux risques littoraux

Les ouvrages de protection collectifs, comme les digues face au risque de submersion marine, n'offrent pas une protection absolue et peuvent donner un faux sentiment de sécurité. Il est ainsi primordial de prendre les mesures permettant d'**atténuer l'aléa** d'une part, de **réduire la vulnérabilité** d'autre part. C'est seulement dans la situation où le risque ne peut être évité que l'on procède à une adaptation du projet. Afin d'engager le "repli" vers les espaces non exposés au risque de submersion marine, différentes stratégies sont possibles. Les projets ci-après sont répliquables sur le littoral normand et en partie subventionnables.



DÉMARCHE DE DÉPOLDÉRISATION POUR RENDRE DES TERRES À LA MER

Au cours de l'histoire de l'urbanisation, des terres ont été gagnées sur la mer. On parle de **poldérisation** lorsqu'un espace a été conquis sur les eaux par le biais d'un assèchement et d'endiguement pour un usage anthropique (agriculture, constructions). Nombre de ces espaces se situent en-dessous du niveau des plus hautes eaux connues (PHEC), voire en-dessous du niveau marin.

Subissant la force de la houle, les falaises des Bas-Champs, situées dans la Baie de Somme, s'effondrent par infiltration et dissolution de la craie. La ville de Cayeux-sur-Mer se trouve menacée par la montée des eaux et n'est plus protégée par cette digue qui s'érode progressivement. Le coût des travaux de protection du cordon, qui ont consisté au confortement des ouvrages et à l'apport en galets, a été estimé à 54,5 M€ sur la période 1981-2014. Face à ce constat, l'objectif territorial était d'**engager la stratégie nationale de recul du trait de côte**, tout en valorisant la façade urbaine de la ville de Cayeux-sur-Mer.

Dans une stratégie de repli, le Syndicat Mixte de la Baie de Somme Grand Littoral Picard a donc lancé une étude prospective concernant la faisabilité d'une **dépoldérisation partielle** du site, avec le souhait de maintenir le bâti existant. La dépoldérisation consiste à réaliser une brèche dans la digue qui permette la création d'un bassin naturel qui se remplira et se vidangera au rythme des marées.

L'équipe retenue pour cette étude était pluridisciplinaire : bureau d'études, cabinet de paysagistes, cabinet de conseil en stratégie et développement de territoires, bureau d'études de conseil en environnement, cabinet de géomatique, juriste et géographe. Elle a étudié les impacts positifs et négatifs de plusieurs scénarios sur le paysage et sur les activités existantes et proposé des adaptations possibles. L'élevage bovin et la chasse, adaptés localement, pourraient être maintenus dans le cas d'une dépoldérisation de faible emprise.

Dépoldérisation des Bas-Champs du Vimeu par la création d'une brèche
© Crédit illustrations : Agence Chorème F&G Morisseau

Le développement d'activités nouvelles comme la mytiliculture ou l'ostréiculture seraient possibles sous condition de réaliser des terrassements pour stabiliser les niveaux d'eau. L'exploitation de salicorne et de végétaux marins et la production de biomasse algale semblent également porteuses.

Les territoires sont donc invités à passer de la stratégie de gestion du trait de côte à celle de gestion de l'interface terre-mer et de ses espaces interdépendants.

DÉPLACER LES ÉQUIPEMENTS COMMUNAUX ET REPENSER L'ATTRACTIVITÉ DU TERRITOIRE

Sur la côte d'Albâtre, en Seine-Maritime, la commune de Quiberville-sur-Mer est pionnière en termes d'adaptation. Depuis 10 ans, la commune investit pour déplacer le camping du front de mer, les villas inondables, la construction d'une nouvelle passerelle, la création d'un nouveau méandre et démolir la buse qui permet à la Saône de se jeter dans la mer et qui crée des inondations par effet entonnoir sous la digue-route.

La trait de côte ayant reculé de 70 m depuis 1985, la commune, accompagnée par le Conservatoire du Littoral, rendra ainsi 25 hectares à la biodiversité et réduira significativement son exposition aux risques d'inondation.



Trois des projets communaux d'adaptation aux risques d'inondation
© Crédit illustration : Google street view, CAUE 14



Digue-route qui sera ouverte sur 10 mètres pour permettre au fleuve de rejoindre la mer plus facilement et à la mer de pénétrer dans les terres pendant les grandes marées
© Crédit illustration : Google street view, CAUE 14

PAROLE D'EXPERT

La thèse “Mer combattue, mer acceptée : un projet de paysage et ses problématiques”, réalisée par le paysagiste Grégory Morisseau, explique l'intérêt de cette démarche : “La redéfinition de la ligne de côte liée à la dépoldérisation permet d'apposer un frein à l'urbanisation littorale, en réinterrogeant notamment la bande des 100 mètres.”

ADAPTER LES USAGES



De l'hippodrome au quartier du port de Deauville, Projet "La vallée de la Touques, vers un nouvel écosystème territorial résilient", Stoffaës Léo paysagiste, Filali Mekkassi Mohamed paysagiste, Collet Elise urbaniste



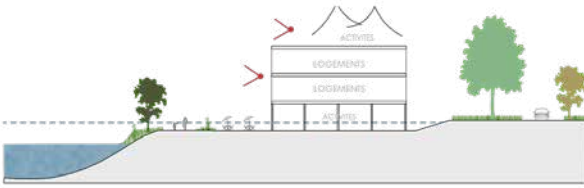
Élevage de vaches au Mont Saint-Michel, malgré l'eau salée
© Crédit photo : CAUE 14



Une nouvelle agriculture littorale dans la vallée de la Touques élevage, mytiliculture, pisciculture, maraîchage, algoculture
© Crédit photomontages : Projet "La vallée de la Touques, vers un nouvel écosystème territorial résilient", Stoffaës Léo paysagiste, Filali Mekkassi Mohamed paysagiste, Collet Elise urbaniste Source : Stoffaës Léo paysagiste, Filali Mekkassi Mohamed paysagiste, Collet Elise urbaniste

Les usages en rez-de-chaussée doivent être adaptés à l'inondabilité. Aucun espace de sommeil ne doit y être prévu. En cas de crue, l'accès aux éventuels parkings doit être condamné, le mobilier et le stockage doivent pouvoir être surélevés. Les **équipements techniques doivent être installés au-dessus de la PHEC** afin d'assurer une continuité de fonctionnement en cas de montée des eaux.

Les projets des participants à l'appel à idées "2040, on se jette à l'eau" lancé par le CAUE 14 en octobre 2020 proposent des projections illustrées de l'adaptation du territoire.



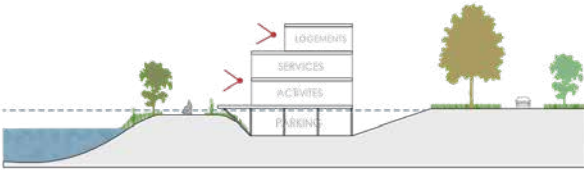
RÉHABILITATION DE BÂTIMENTS EXISTANTS TYPE 1

RDC : activité ouverte et tournée vers la Touques
Étages supérieurs : logements avec balcons orientés
Toitures aménagées pour des activités extérieures ouvertes



PARC D'INFILTRATION D'EAUX

Ouverture des affluents à l'extérieur
Mise en place de pontons surélevés
Bassins de rétention d'eau pour l'infiltration naturelle



CONSTRUCTION DE BÂTIMENTS NEUFS

R -1 : parking en sous-sol inondable et permettant l'infiltration d'eau
RDC : activité et services ouverts sur la rivière
R+1 : bureaux avec vue sur Touques + anciennes activités
Étages supérieurs : logements avec balcons orientés



RÉHABILITATION DE BÂTIMENTS EXISTANTS TYPE 2

RDC : activité ouverte et tournée vers la Touques et activités
R+1 : bureaux avec vue sur Touques + anciennes activités

LEGENDES :

- 1 parc d'activité submersible en lien avec la filière équine + micro architectures type belvédères
- 2 berges naturalisées (espèces hygrophiles) + pontons de pêches et de piques-niques
- 3 navigation fluviale de marchandises et de personnes
- 4 voie cyclable avec revêtement type stabilisé
- 5 anciennes typologies techniques transformées avec ouverture des RDC vers la Touques bassins de rétentions d'eau (crues + ruissellement) végétalisés et aménagés pour activités
- 6 de rétentions d'eau (crues + ruissellement) végétalisés et aménagés pour activités
- 7 parkings relocalisés en sous sol avec possibilité d'infiltration d'eau
- 8 nouvelles typologies avec RDC d'activités/services, 1^{er} étage de bureaux et étages supérieurs de logements



La Zone d'activités Monrival : un site charnière entre frange maritime et rétro-littorale

© Crédit illustrations : Projet "Basse vallée de la Touques - un territoire au rythme des aléas", Les Marneurs : Clamour Geoffrey architecte HMONP, Le Cornec Ronan étudiant, Morelle François étudiant

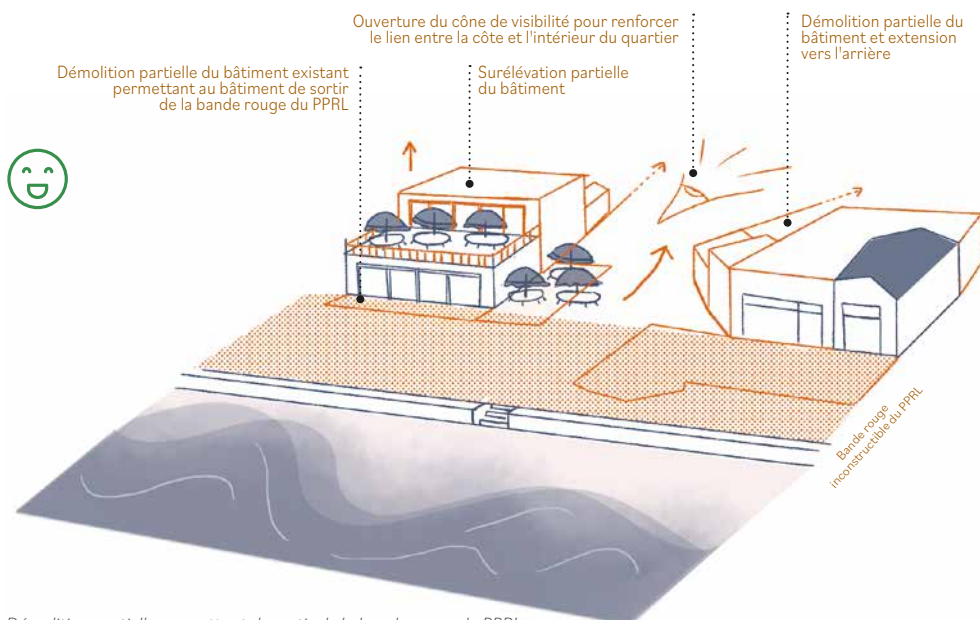
QUELLE STRATÉGIE EN ZONAGE ROUGE DU PPR ?

Les zones rouges du PPR sont inconstructibles. Seuls les réparations, reconstructions, travaux de réduction de la vulnérabilité et extensions sans création d'hébergement sont autorisés.

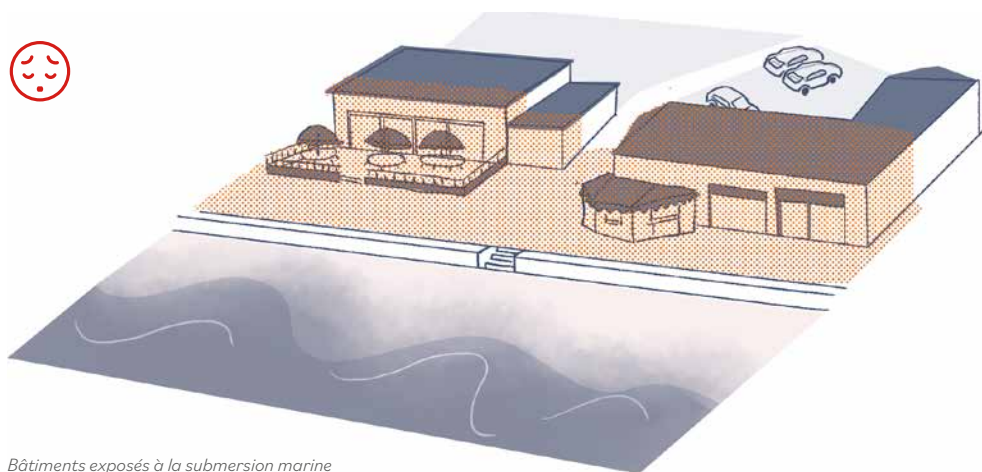
L'adaptation aux besoins actuels des bâtiments existants situés dans la bande rouge des PPR peut s'avérer complexe. L'augmentation de la vulnérabilité, correspondant à une augmentation de la capacité d'accueil du bâtiment, est interdite dans cette zone. Les extensions sont ainsi limitées à 20 m² et conditionnées à la création d'une zone refuge.

Lorsque l'emprise au sol de la future construction est intersectée par deux zones réglementaires, les règles applicables sont celles de la zone la plus contraignante.

Selon la structure des constructions, une démolition partielle peut parfois être envisagée pour sortir de la zone la plus contraignante. Cette démarche permet ainsi la création d'extensions et/ou de surélévations, en dehors de la zone rouge d'une part et de **réorienter l'existant vers les zones hors risque**. L'objectif est effectivement de **créer des connexions entre le littoral et les espaces rétro-littoraux** non exposés aux risques, par le moyen de ces réhabilitations.



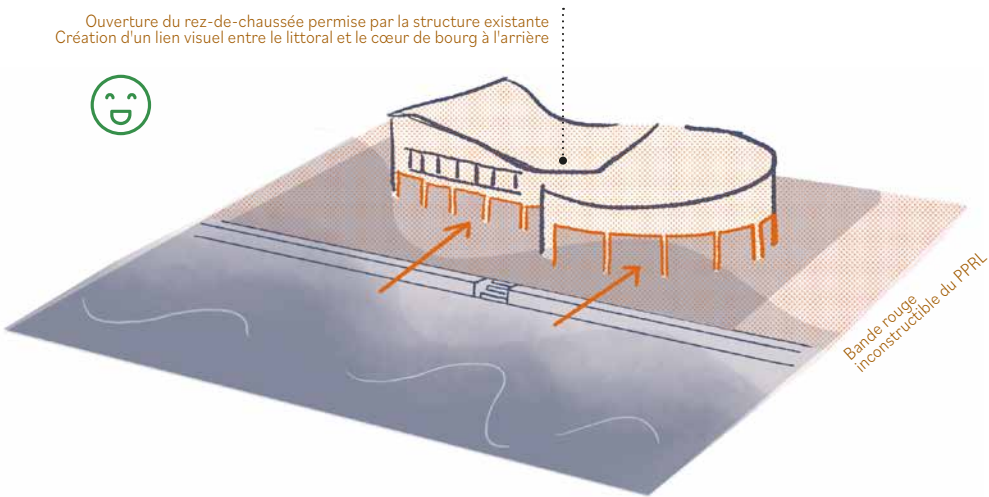
Démolition partielle permettant de sortir de la bande rouge du PPRL



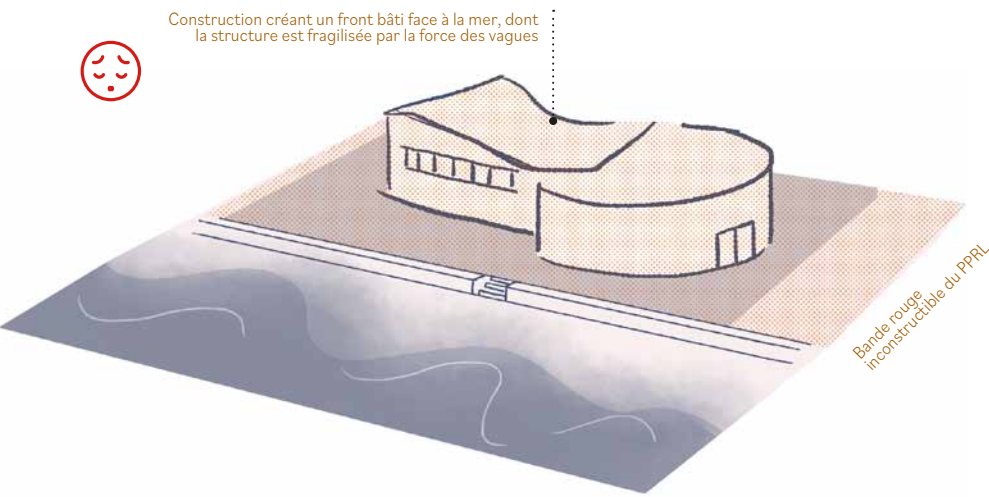
Bâtiments exposés à la submersion marine

ASSURER UNE TRANSPARENCE HYDRAULIQUE À TRAVERS LE BÂTI EXISTANT

Sous l'expertise d'un bureau d'études structurelles, il peut également être envisagé d'ouvrir le rez-de-chaussée d'une construction existante afin de rétablir la **transparence hydraulique**, c'est-à-dire le **libre écoulement des eaux** à travers le bâtiment. L'objectif est par ailleurs de **réduire la pression exercée par l'eau sur la structure de la construction**.

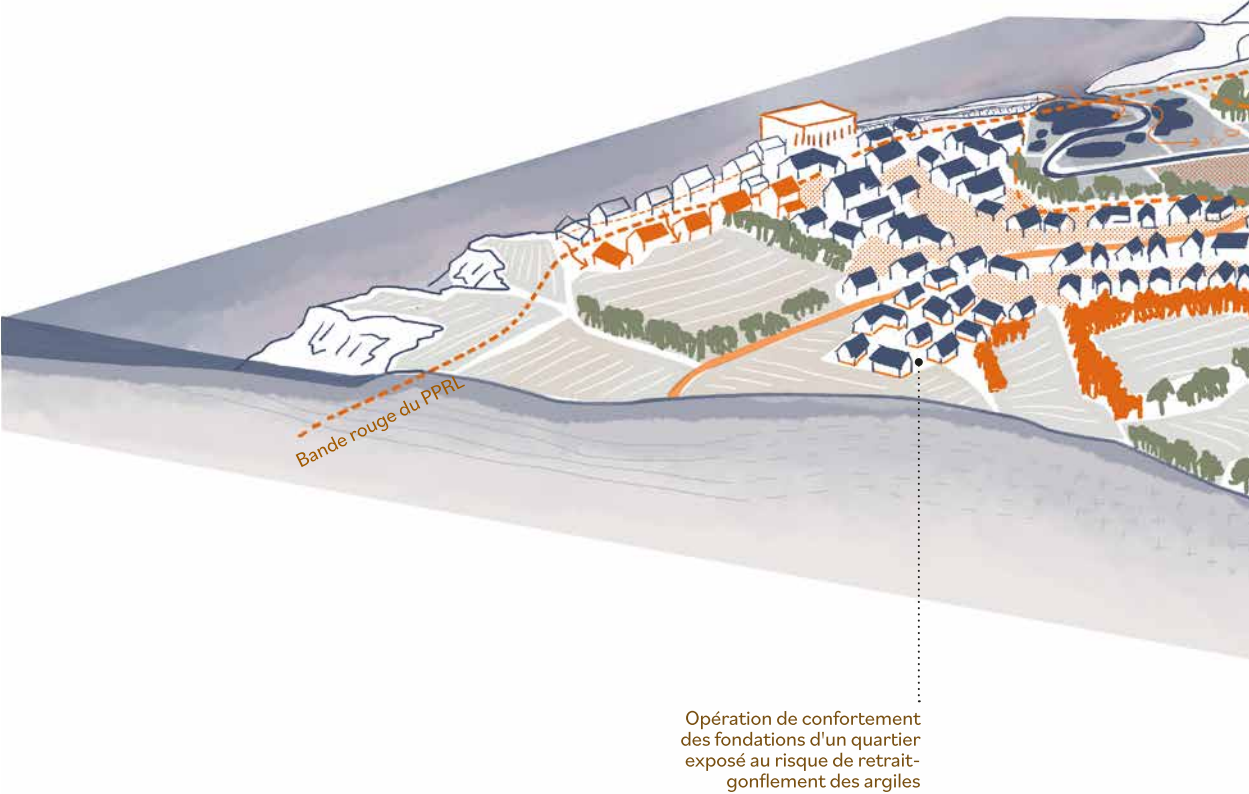


Ouverture du rez-de-chaussée pour garantir une transparence hydraulique



Bâtiment exposé à la submersion marine

Bonnes pratiques en zone de mouvement de terrain



Opération de confortement
des fondations d'un quartier
exposé au risque de retrait-
gonflement des argiles

LÉGENDE

Mesures liées aux risques de mouvements de terrains et de séisme

Ce paysage est inventé. Il est inspiré des caractéristiques du Calvados.

Consolider structurellement
le patrimoine existant face au
risque sismique et assurer une
bonne maintenance régulière



En termes de mouvements de terrain, le département du Calvados est principalement concerné par les risques de **glissement de terrain et d'éboulement, d'effondrements de cavité souterraine, de coulées de boues et de retrait-gonflement des argiles**. Il est parfois difficile de détecter les phénomènes de mouvement de terrain et le moment où ils vont se déclencher. Mais il est possible de limiter leurs conséquences en prenant des **mesures de prévention**. Elles consistent notamment à prendre en compte le risque dans l'urbanisme et dans la construction au travers des PPR.

L'objectif des PPR mouvements de terrain (PPRMvt) est de ne plus accroître le nombre de constructions et aménagements nouveaux installés en zone à aléas les plus forts, de réduire la vulnérabilité du bâti en zone exposée et de préserver les territoires naturels.

L'eau a un fort impact sur les caractéristiques mécaniques des terrains.

Des prescriptions et des recommandations spécifiques apparaissent dans les PPR concernant des **dispositions constructives**, telles que l'adaptation des projets et de leurs fondations au contexte géologique local, des **dispositions d'urbanisme**, telles que la maîtrise des rejets d'eaux pluviales et usées, ou des **dispositions concernant l'usage du sol**.

L'infiltration n'est donc pas recommandée dans ce contexte. En revanche, un raccordement aux réseaux collectifs, une surveillance fréquente et un bon entretien sont préconisés, ainsi qu'un drainage renforcé des terrains afin de limiter le ruissellement et donc l'instabilité et l'érosion des terrains.

Les terrassements doivent être limités aux besoins de la construction et accompagnés de dispositifs de soutènement des fouilles (mur de soutènement drainé, masque drainant, tranchées, etc.)

De manière générale, les constructions doivent être conçues avec des **éléments rigides** au niveau de la superstructure (poutre, voile, chaînage, etc.) ou de l'infrastructure (réseau de longrines, radier, etc.). Les **fondations profondes** doivent être dimensionnées pour résister aux efforts latéraux et atteindre les **sols capables de porter correctement la construction**.

La largeur des fissures est un des facteurs de la détermination de la catégorie de dommages mais ne doit pas être utilisée seule comme mesure directe de gravité. D'autres éléments sont à considérer comme **l'évolution des fissures dans le temps**, la **corrélation entre leur apparition et des événements particuliers** (travaux à proximité, plantation de végétation, etc.), la forme des fissures (en sifflet, en escaliers, rectilignes, etc.) et la **cinétique des mouvements**.

Les **zones de faiblesse d'un bâtiment** comme les ouvertures de fenêtres et de portes ou les zones marquées par **l'absence de chaînage** ou encore par des **défauts d'exécution** sont particulièrement concernées par ces fissures. Les fissures sont caractérisées par leur **longueur**, leur **ouverture** et leur **désaffleurement** par rapport au support.

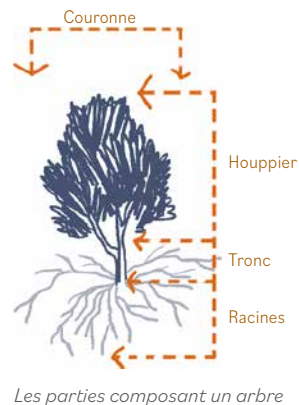
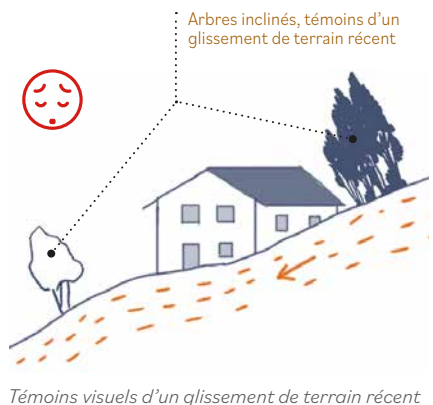
La diversité des phénomènes de mouvements de terrain nécessite une adaptation des mesures à mettre en œuvre au cas par cas lors de la construction ou de l'adaptation d'un bien.

Certaines mesures relèvent du bon respect des règles de l'art, d'autres nécessitent des investigations plus poussées et donc plus onéreuses comme une étude géotechnique.

TENIR COMPTE DU SITE POUR ÉVITER LES GLISSEMENTS DE TERRAIN

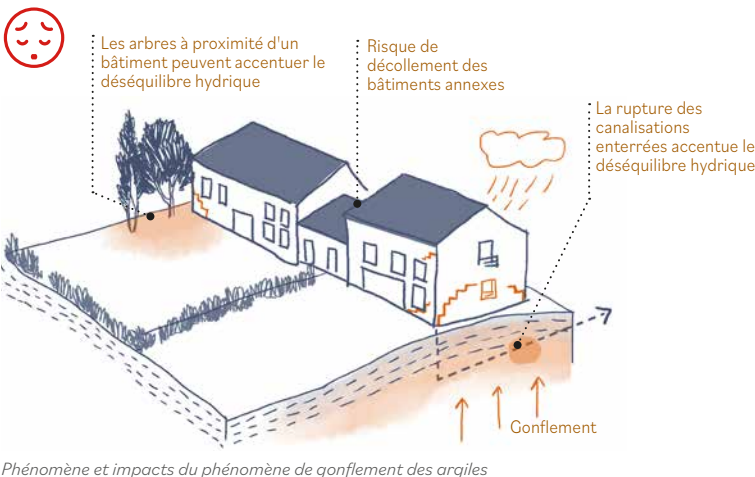
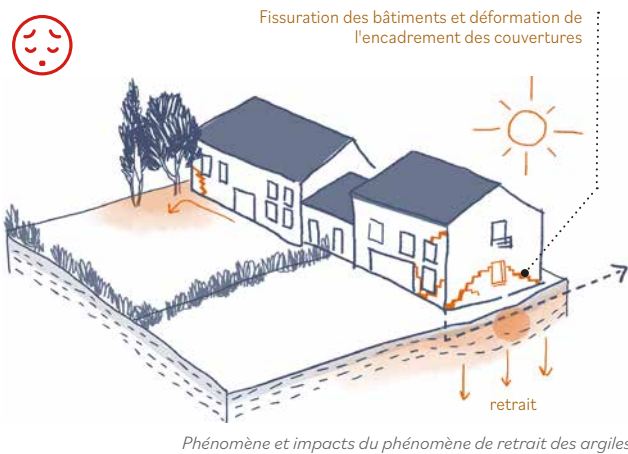
La pente est un facteur capital dans l'équilibre d'un versant. **L'implantation du projet est donc un critère majeur.**

Les **glissements de terrain** sont fréquents sur les versants. Ils entraînent souvent la perte totale des ouvrages exposés. Les pentes présentant des bourrelets ou des arbres inclinés sont susceptibles de connaître un glissement lent, pouvant être précipité par un séisme.

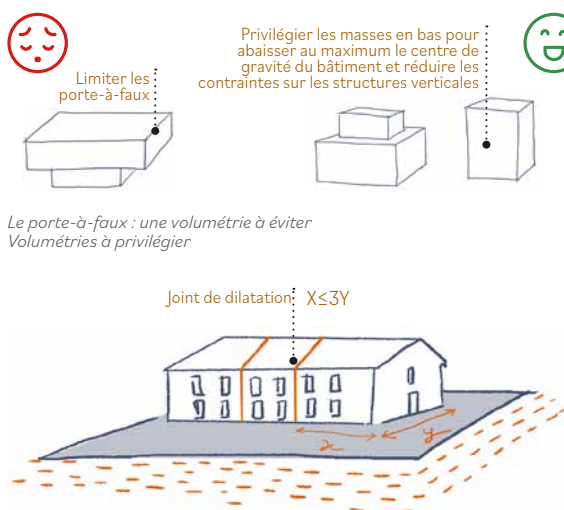


L'IMPACT DU RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES SUR LES CONSTRUCTIONS

Comme des éponges, les sols qui contiennent de l'argile **se rétractent avec la sécheresse et se gonflent avec l'humidité**. Ce phénomène est appelé "retrait-gonflement des argiles". Ces mouvements entraînent des tassements responsables des désordres sur les bâtiments tels que **fissurations, déformations des encadrements, dislocation des dallages et cloisons, rupture des canalisations enterrées**.



CONCEVOIR UNE VOLUMÉTRIE ADAPTÉE AU RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES



La construction doit **éviter les porte-à-faux importants** qui compliquent la redistribution correcte des efforts en cas de tassement localisé et préférer les masses en bas. Les proportions de la construction doivent suivre un **rapport homogène entre la largeur et la profondeur**. Le **découpage de la construction en blocs rigides** séparés par des **joints de rupture** est une façon efficace de limiter, voire d'empêcher les dommages dus au retrait et gonflement du sol. Chaque bloc doit avoir une **géométrie régulière** et des **conditions de fondation homogènes**. Les formes L, T, X, U ne sont pas recommandées. Deux murs minimum doivent être parallèles dans chaque direction principale du bâtiment.

CHOISIR LES BONNES FONDATIONS EN ZONE DE RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

En principe, la réalisation de **fondations profondes** met à l'abri la construction de tout mouvement du sol dû au retrait-gonflement des argiles.

Au cours des cent dernières années, les fondations sont devenues progressivement plus profondes, plus résistantes et plus rigides. Ces changements présentent à la fois des avantages et des inconvénients. Parce que les fondations sont plus profondes, les **variations de teneur en eau des sols supports sont plus atténuées qu'en surface**. Plus résistantes, elles peuvent **répartir les effets des mouvements du sol sur de plus grandes surfaces**, en **réduisant la distorsion**.

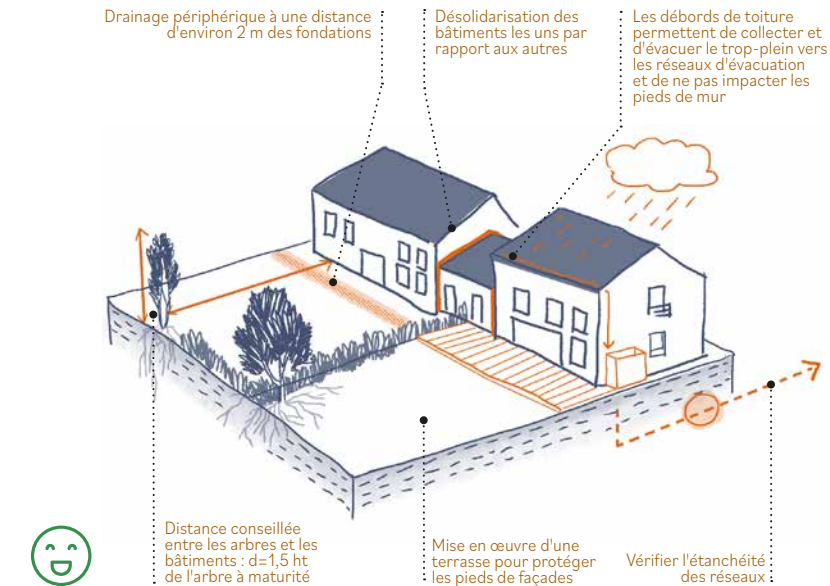
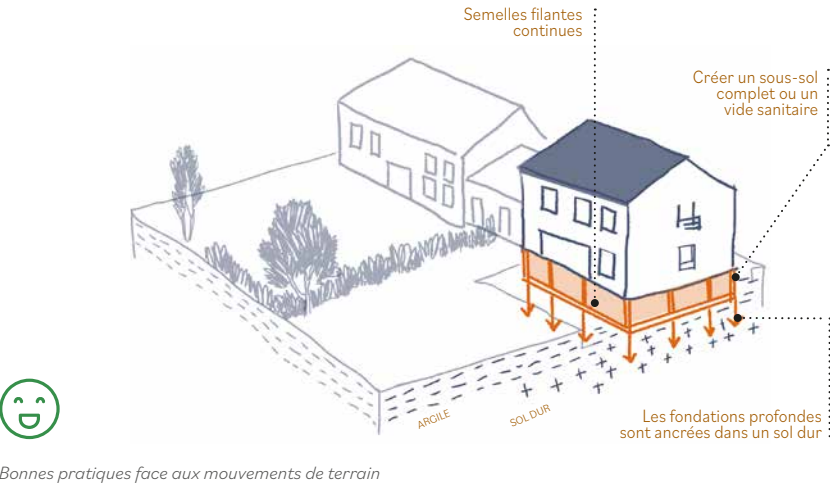
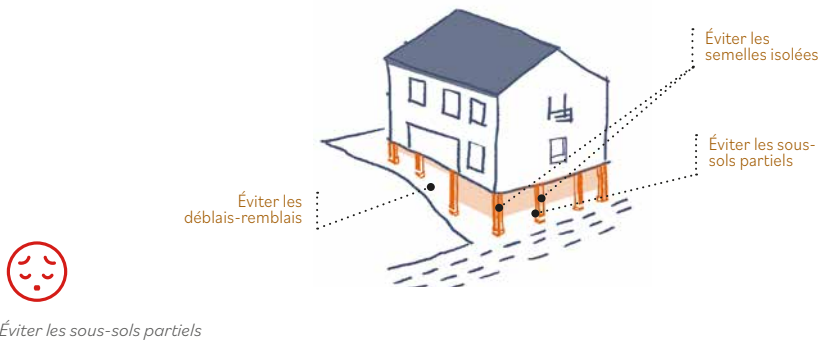
En revanche, en cas de tassement ou de gonflement excessif, les fondations tendent à **se fissurer en un point**, en concentrant le mouvement sur une courte longueur de mur et en produisant des **désordres plus sévères** sur la construction. Les fondations anciennes en maçonnerie présentaient une souplesse relativement importante.

Il est judicieux d'**éviter les fondations superficielles**, peu profondes ou non homogènes, les sous-sols partiels, la trop grande proximité avec des arbres à grand développement racinaire, les pentes ou terrains hétérogènes ainsi que les terrains avec variations de teneur en eau.

Dans le cas où un arbre existant est implanté à proximité d'une construction fragilisée, une solution doit être apportée au cas par cas. L'utilisation de "stop racine" est une solution non pérenne. D'une part, elle peut déséquilibrer l'arbre. D'autre part, l'arrachage d'un arbre peut entraîner ou accélérer le déséquilibre hydrique du terrain et impacter les fondations. Avant de planter un arbre, il faut considérer sa hauteur à maturité et sa consommation en eau. Suivant la structure du système racinaire, l'arbre puisera l'eau différemment dans le sol (racines pivots en profondeur ou racines traçantes en surface par exemple). L'emprise des racines de l'arbre peut être estimée par la taille du houppier qui mesure en moyenne une fois et demie le diamètre de la couronne.

PRÉVENIR LES DÉSORDRES LIÉS AU RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES

Les sous-sols partiels doivent être évités. Si ce n'est pas possible, il convient de **désolidariser les différentes parties de la structure**.



AUTRES PRÉCONISATIONS CONSTRUCTIVES FACE AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN

Le **radier**, constitué d'une dalle couvrant toute la surface du bâtiment, est adapté pour les bâtiments de faible hauteur. Souvent construit sur un lit de pierres concassées, il **répartit les charges de la fondation** et peut contribuer à réduire la distorsion de la maçonnerie. Les radiers sont **utilisés communément sur les sols mous et les remblais ou dans les zones d'affaissements miniers**. Toutefois, leur application pour la construction sur les argiles sujettes au retrait-gonflement est limitée.

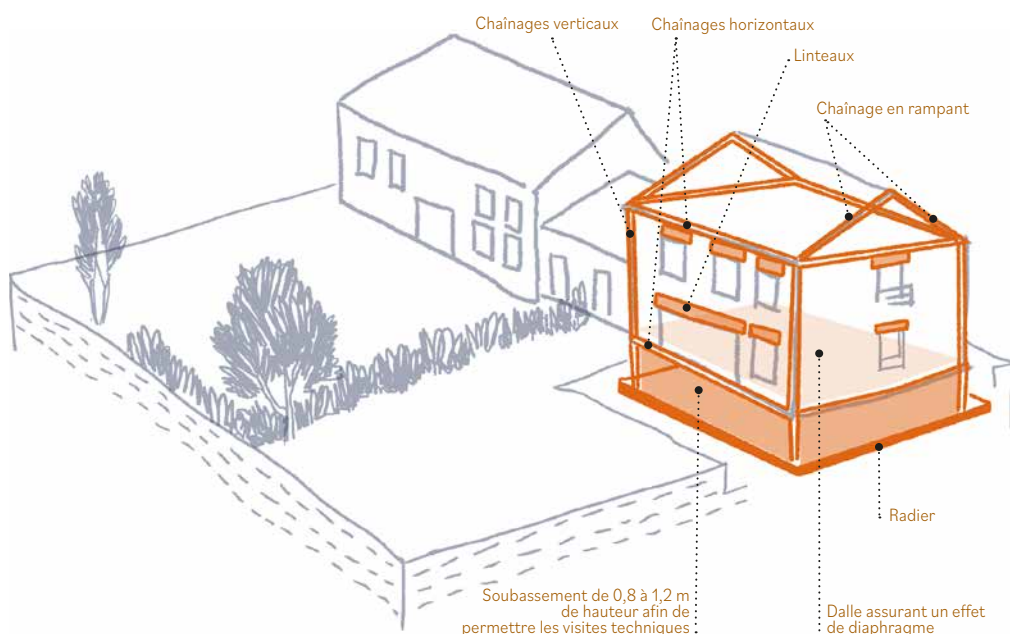
Un radier est souvent plus onéreux que les constructions conventionnelles utilisant des fondations filantes, même profondes. Il est donc peu mis en œuvre pour des maisons individuelles.

Le **chaînage** permet, quant à lui, de relier tous les éléments structurels de la construction les uns aux autres et de limiter les entrechoquements.

Les **chaînages** sont armés de barres d'acier, de bois, de bambou voire de roseau destinés à **rigidifier une construction**. Il est en général complexe de les identifier une fois le bâtiment construit. Ils sont généralement disposés verticalement aux angles de la maison et quelques-uns sont réalisés au milieu des murs de façade si la construction présente des dimensions importantes. Ils sont également réalisés horizontalement au niveau de chaque plancher, y compris celui du rez-de-chaussée. Une attention particulière doit être apportée aux liaisons entre les chaînages verticaux et horizontaux afin d'assurer leur efficacité.

Les chaînages sont **très efficaces pour limiter les effets du retrait-gonflement d'argiles**. De ce fait, les constructions situées en zone sismique 2 dans le Calvados, construites dans le respect des règles de la norme NF P 06-013, sont susceptibles de mieux résister aux phénomènes de RGA que les constructions classiques.

Les constructions existantes, quant à elles, peuvent être renforcées par une rigidification des structures, des reprises en sous-œuvre (ajout de fondations profondes dimensionnées pour résister aux efforts latéraux et atteignant les terrains non glissés), ou encore par des murs de soutènement drainés.



Les différents types de chaînage nécessaires dans une construction en zone de RGA

PRÉVENIR LES RISQUES LIÉS AUX CAVITÉS SOUTERRAINES

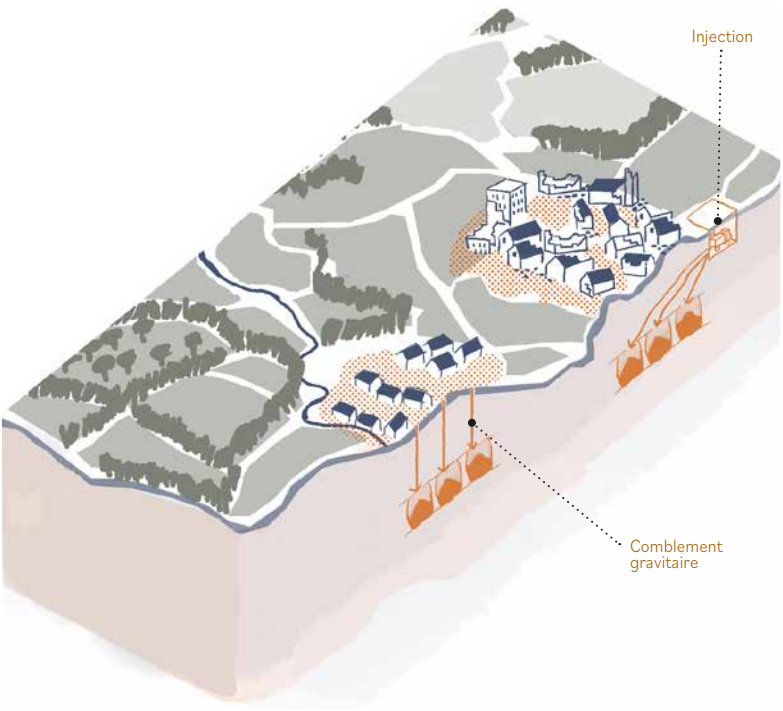
Dès lors qu’une cavité souterraine est identifiée au droit d’un projet et après réalisation d’une investigation, **deux types d’interventions** peuvent être envisagés sur le bâti impacté par une cavité souterraine.

Un **comblement gravitaire**, si le contexte urbain le permet, consiste en une consolidation de la cavité par la mise en place de piliers en maçonnerie.

Autrement, une **injection** de coulis peut être réalisée depuis un puits ou une galerie d’accès préalablement creusé pour former des plots.

Une autre solution peut être, lorsque les mouvements attendus en surface restent faibles, de renforcer la structure de l’ouvrage ou de réaliser des fondations traversant la cavité.

Les paysagistes-concepteurs ont les compétences pour vous accompagner dans la conception de vos espaces extérieurs adaptés en zone à risque d’inondation.
Le CAUE peut vous accompagner dans cette démarche.



Principes de comblement gravitaire et d'injection des cavités souterraines

Bonnes pratiques en zone à fort taux d'uranium (risque radon)

Selon le code de la santé publique, en cas de dépassement de la valeur de référence de 300 Bq/m³ dans une construction existante, le propriétaire ou l'exploitant doit mettre en œuvre des actions correctives dans un délai de 36 mois à la réception des résultats de la campagne de mesures.

Afin de limiter la présence de radon dans un bâtiment, le guide *Radon, gérer le risque pour la construction et la rénovation de logements* réalisé par l'association Qualitel préconise **trois typologies de solutions techniques** :

- la **ventilation du bâtiment**,
- l'**étanchéité au radon de l'interface du bâtiment/sol**,
- le **traitement des soubassements** par ventilation ou par système de dépressurisation des sols.

Le principe est à la fois de bloquer la pénétration du radon et de diluer sa concentration à l'intérieur du bâtiment.

Il est possible de réduire les concentrations en radon dans l'air des habitations de façon simple en **aérant régulièrement le logement** ou en le **ventilant en permanence par le moyen d'une ventilation mécanique contrôlée VMC**.

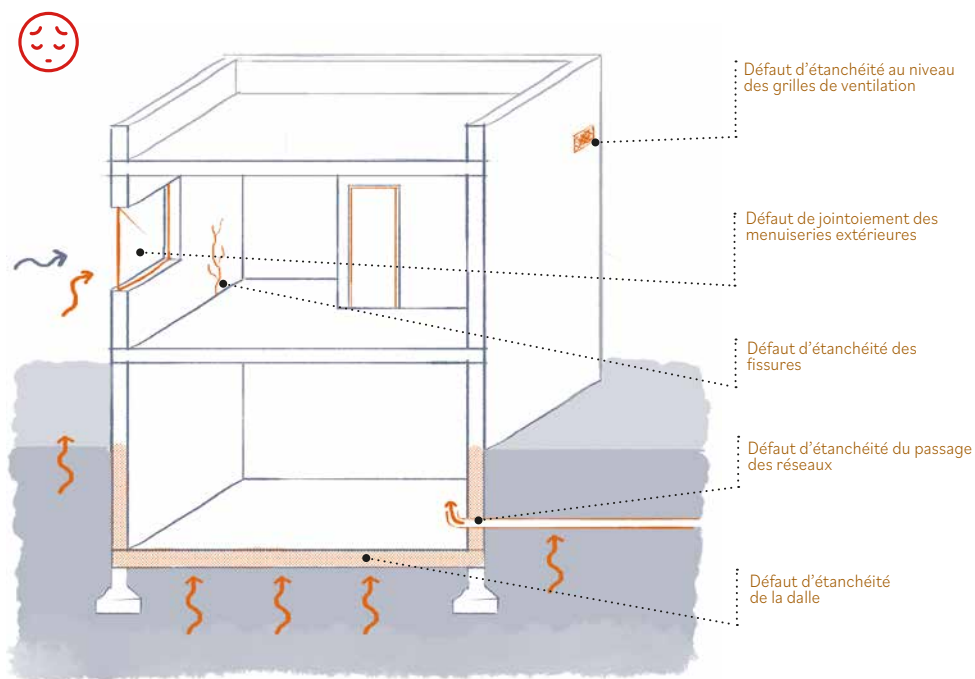
La mise en œuvre d'une **étanchéité des points de pénétration** du radon dans les locaux (sous-sols, vides sanitaires, murs et planchers et passages de canalisations) prévient l'accumulation de radon dans les bâtiments.

Par exemple, dans les communes situées en zone à potentiel radon de niveau 3, le CSTB conseille de réaliser un plancher bas étanche à l'air. Un réseau de tuyaux perforés insérés dans une sous-couche perméable à l'air sous le plancher bas permettra de créer une dépression au besoin. Pendant la première année d'occupation de la construction, la concentration en radon dans l'air intérieur doit être mesurée. Si le résultat dépasse le seuil de référence (300 Bq/m³), la dépression du sol pourra alors être mise en œuvre aisément par l'utilisation d'un ventilateur d'extraction.

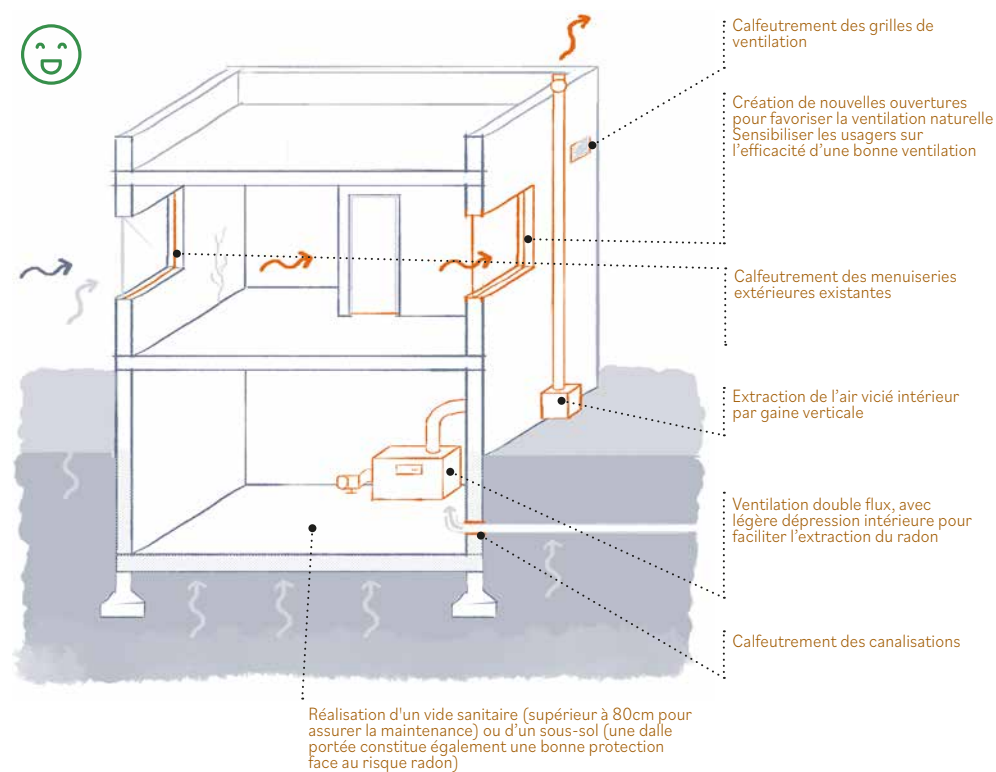
Les PLU peuvent mettre en avant le risque radon, notamment au sein du règlement écrit, afin de sensibiliser les constructeurs et les usagers au risque sanitaire existant sur les communes en zone potentielle niveau 3.

En complément, la maîtrise d'ouvrage peut, si elle le souhaite, formuler dans le programme de son opération des exigences particulières de contrôle, de sensibilisation et de travaux concernant la protection au radon.

Pour de plus amples informations concernant la prévention du risque radon dans le bâti, il peut être intéressant de consulter les acteurs suivants : ARS, ASN, IRSN, ANSES, Service Santé Environnement, CSTB, CEREMA, FFB, CAPEB, Qualitel.



Les différentes voies d'entrée du radon dans le bâtiment



Protection des bâtiments vis-à-vis du radon

Bonnes pratiques en zone sismique

QUEL NIVEAU DE PROTECTION FACE AUX SÉISMES ?

La politique de mitigation du risque sismique vise à sauver les vies humaines. Elle admet les dégâts et un pourcentage d'échecs décroissant avec l'importance de l'enjeu. Pour les ouvrages à risque spécial, elle vise l'absence de nuisances indirectes. C'était l'objectif à atteindre pour le nouveau CHU de Caen par exemple. (Cf. page 54 pour plus de détails sur ce projet).

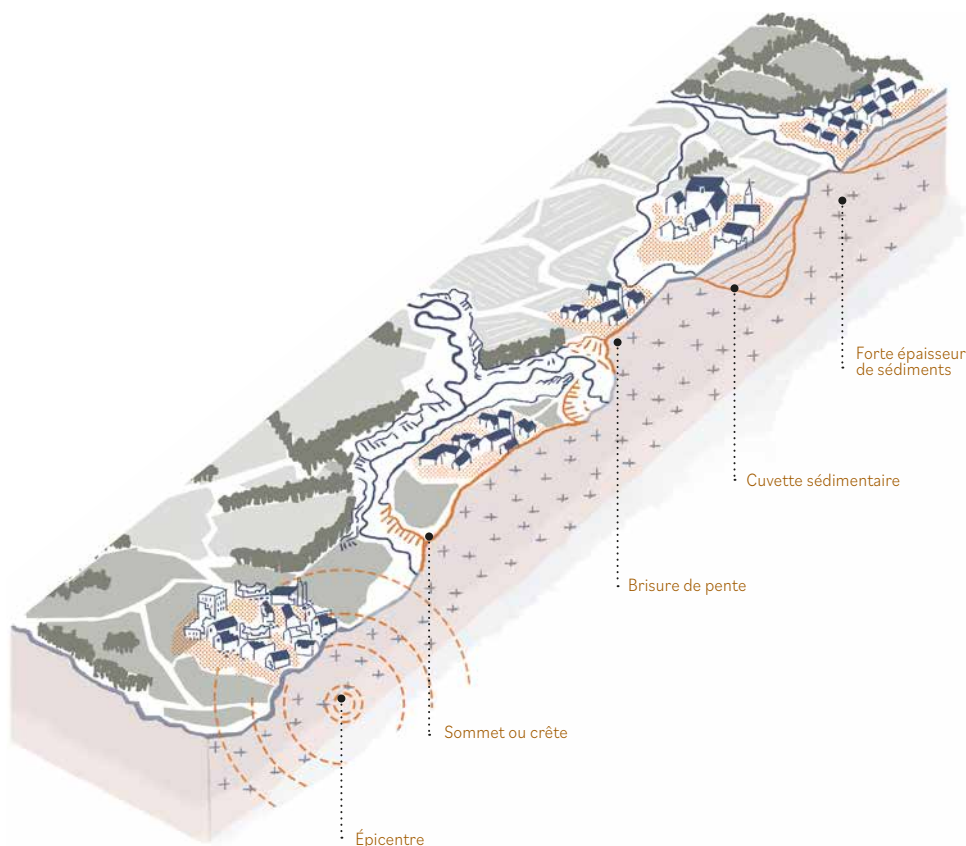
Le niveau de protection décidé par les puissances publiques est estimé selon le coût réel des politiques de prévention. La valeur des enjeux doit être mise en relation avec le coût de la démarche parasismique préventive et le coût de la réparation ou de la reconstruction après séisme, tout en considérant une durée d'amortissement rapportée à la période de récurrence des séismes⁵.

LIMITER LES EFFETS DE SITE

Certaines caractéristiques du site peuvent considérablement amplifier les oscillations du sol.

On parle des “**effets de site**”. Cette amplification se produit essentiellement sur les reliefs, en haut d'une brisure de pente et à la frontière entre des sols rocheux et des sols mous.

De même que pour les risques de mouvements de terrain, les sols hétérogènes ou très mous provoquent des dommages sismiques particulièrement élevés sur les bâtiments.



ÉVITER LES EFFETS INDUITS

Les “**effets induits**” doivent également être pris en compte dans les évaluations de vulnérabilité. Il s’agit principalement des phénomènes de **liquéfaction du sol**, de **glissement de terrain**, de **tsunami** et **seiche**.

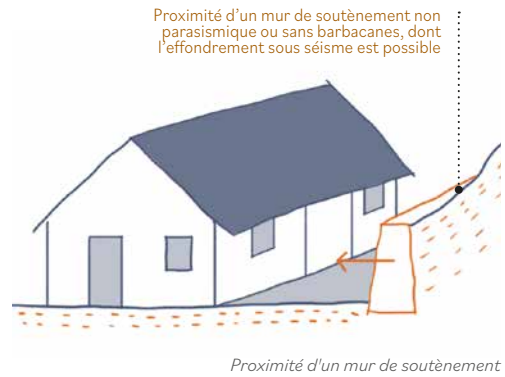
La **liquéfaction** est une transformation momentanée, par un séisme, de sols fins saturés d’eau en un fluide dense sans aucune capacité portante. Les constructions qui y sont fondées s’enfoncent alors dans le sol ou basculent.

De plus, des terres retenues par un mur de soutènement non parasismique ou sans barbacanes, ou des terrains surchargés, peuvent devenir instables sous action sismique.

Le **tsunami** est un raz-de-marée d’origine sismique, dont l’arrivée sur les rivages est généralement très destructrice.

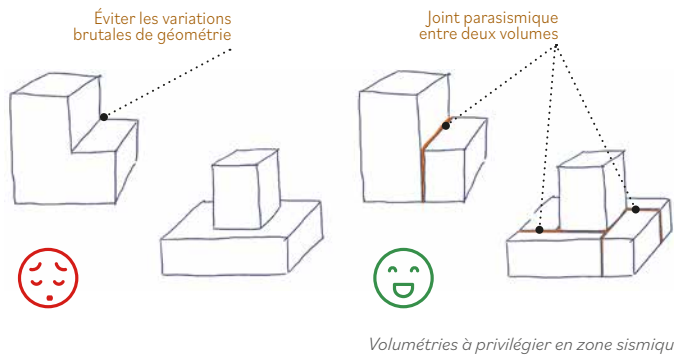
On appelle **seiche** le ballonnement de l’ensemble de l’eau dans un bassin ou réservoir. Les seiches peuvent également endommager les constructions situées au bord du plan d’eau.

L’occurrence des tsunamis ou seiches en France est rare.



UNE VOLUMÉTRIE ADAPTÉE AU RISQUE SISMIQUE

Les formes simples doivent être favorisées. Les formes complexes doivent être fractionnées et séparées par un **joint parasismique** d’une largeur suffisante pour prévenir l’entrechoquement des différentes parties du bâtiment (de 4 à 6 cm selon les zones) et être vide de tout matériau pour éviter tout entrechoquement.



PAROLE D’EXPERT

“L’expérience montre qu’une construction n’est réellement parasismique que si elle est le fruit de trois démarches. Le non-respect de l’une de ces démarches peut être à l’origine de l’effondrement du bâtiment lors d’un tremblement de terre.”

- **UNE CONCEPTION ARCHITECTURALE PARASISMIQUE** : implantation judicieuse sur site et architecture favorisant un bon comportement sous séisme
- **L’APPLICATION DES RÈGLES PARASISMQUES** : dispositions constructives parasismiques et dimensionnement “au séisme”
- **UNE EXÉCUTION DE QUALITÉ** : matériaux de bonne qualité et travaux exécutés dans les règles de l’art

Milan Zacek, architecte-ingénieur

LA CONCEPTION ARCHITECTURALE PARASISMIQUE

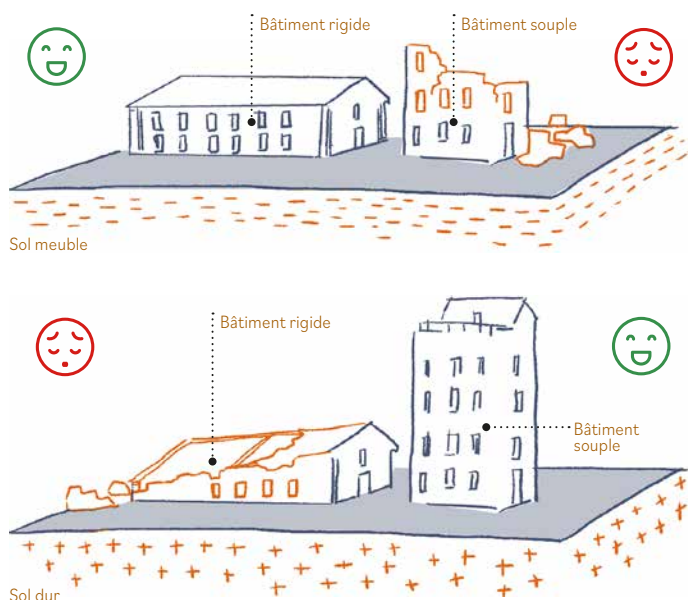
Le surcoût d'une construction parasismique en comparaison à une construction classique est estimé entre 5 et 10 %.

Il est possible de limiter le surcoût de toute construction parasismique à condition que la conception soit gérée dans son ensemble pour constituer un investissement qui garantisse une construction sécurisée et pérenne.

Qu'elle soit en béton armé, en maçonnerie chaînée, en bois ou à structure métallique, une **conception architecturale parasismique** intègre les facteurs permettant de **minimiser l'action sismique sur le bâtiment étudié et d'améliorer son comportement lors des mouvements sismiques.**

Il n'existe pas d'obligation de conception architecturale parasismique. Seuls les calculs et les dispositions constructives font l'objet de contraintes réglementaires.

LE SOL DÉTERMINE LE TYPE DE CONSTRUCTION



Choisir le type de construction en fonction du type de sol : bâtiment rigide sur sol mou et bâtiment souple sur sol dur

L'étude de sol permet de déterminer l'implantation idéale ainsi que les principes de réalisation des fondations de la construction qui devront parfois atteindre le substrat rocheux à travers les couches fragiles ou trop meubles du sol. Cette étude détermine préalablement la vitesse d'onde sismique et définit les risques d'effondrement souterrain, d'éboulement ou de liquéfaction du sol en cas de séisme.

Lors de leurs oscillations, les bâtiments amplifient les mouvements sismiques qui leur ont été communiqués par le sol au niveau des fondations. Lorsque leur fréquence d'oscillation propre est la même ou proche de celle du sol, leurs amplitudes d'oscillations peuvent être très importantes et destructrices : on parle de la **résonance entre le bâtiment et le sol.**

Ainsi, on observe que sur sol meuble, les constructions souples (bâtiments élevés, constructions basses en portiques sans murs de remplissage rigides, etc.) souffrent particulièrement. De même, les constructions rigides sont davantage sollicitées sur sol ferme et sur sol rocheux.

Lorsque les éléments structuraux sont constitués de deux matériaux différents (moellons et briques pour les murs, béton et bois pour les poteaux par exemple), une rupture peut se produire à l'interface des deux matériaux lors d'un séisme, car leur déformabilité n'est pas la même. Les cas fréquents d'**hétérogénéité des éléments structuraux** sont les extensions en maçonnerie contemporaine de bâtiments anciens en maçonnerie de pierre de forte épaisseur, réalisées sans joint de séparation.

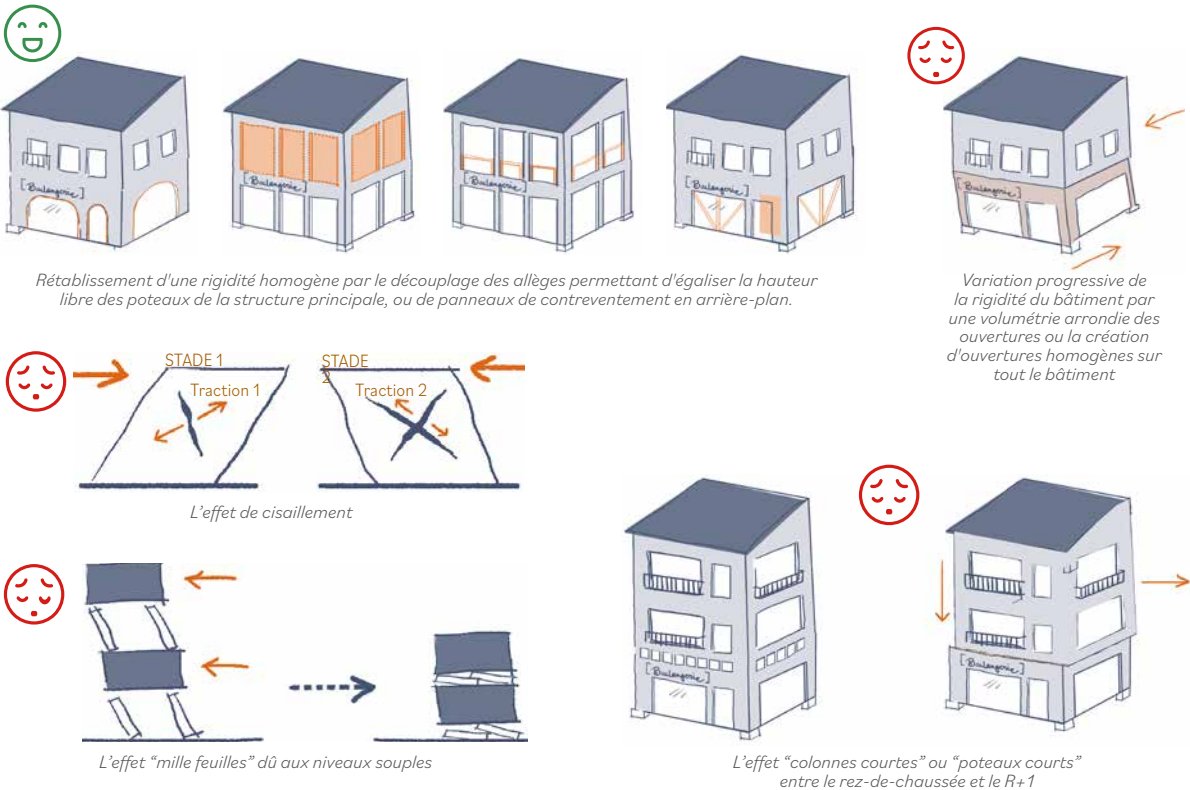
ASSURER UNE RIGIDITÉ STRUCTURELLE HOMOGÈNE

L'effet "mille feuilles", l'un des plus meurtriers, est souvent provoqué par la mise en œuvre d'éléments verticaux sous-dimensionnés par rapport au poids des planchers. Il est également causé par la formation d'étages souples.

Ce problème se présente fréquemment dans les immeubles qui comportent des commerces ou des parkings en rez-de-chaussée. Les larges ouvertures côté rue ajoutent trop fortement la structure. La solution consiste à conférer à ces niveaux ouverts une rigidité comparable à celle des autres niveaux au moyen d'un **contreventement de façade** (par des murs ou palées de stabilité métalliques en retrait de la façade), d'une **variation progressive de la rigidité** entre les étages ou de la mise en œuvre d'une structure souple généralisée grâce à un système de portiques avec façades et cloisons non rigides.

L'effet "colonnes courtes" se produit lorsque les poteaux des niveaux souples subissent de grandes déformations qui peuvent provoquer la ruine du bâtiment.

L'effet de cisaillement est aisément détectable en façade. Une diagonale apparaît au premier mouvement du bâtiment. Puis une seconde lors d'un mouvement dans la direction opposée, créant une croix. Le mur a alors subi une contrainte mécanique tangentielle trop importante.



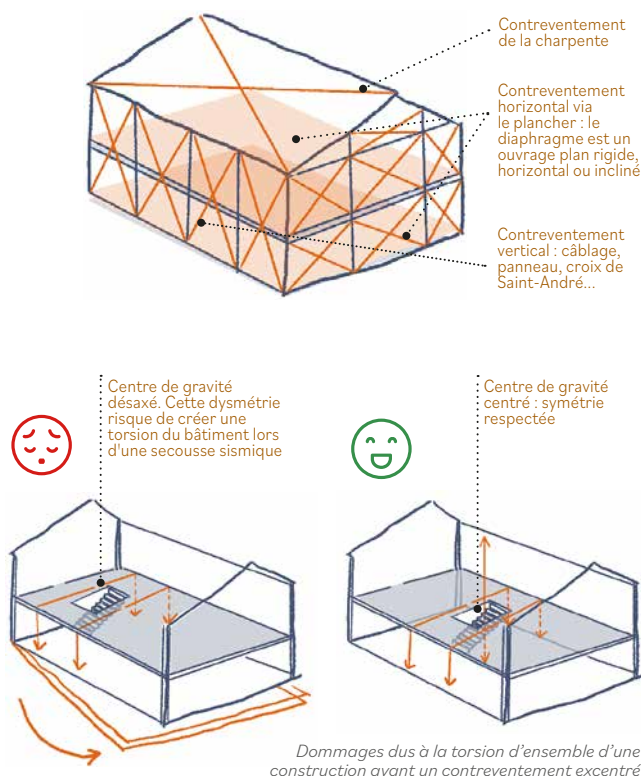
L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE PARASISMIQUE

Le comportement du matériau bois en zone sismique est intéressant. L'assemblage d'éléments de faible taille permet une souplesse de la structure qui supporte beaucoup mieux les chocs sismiques et les déformations.

La pagode en bois du temple Horyû-Ji, est un exemple de l'architecture vernaculaire japonaise résistante aux tremblements de terre depuis le VIIe siècle grâce au mât central et aux toits qui leur sont suspendus.



CONTREVENTER CORRECTEMENT LE BÂTIMENT



Les mouvements sismiques sont engendrés dans toutes les directions. Il convient donc de mettre en œuvre des **contreventements efficaces horizontalement, verticalement et en charpente**.

Si les éléments de contreventement sont excentrés, la construction est exposée à une torsion d'ensemble très destructrice. Une **distribution symétrique des contreventements** est donc primordiale.

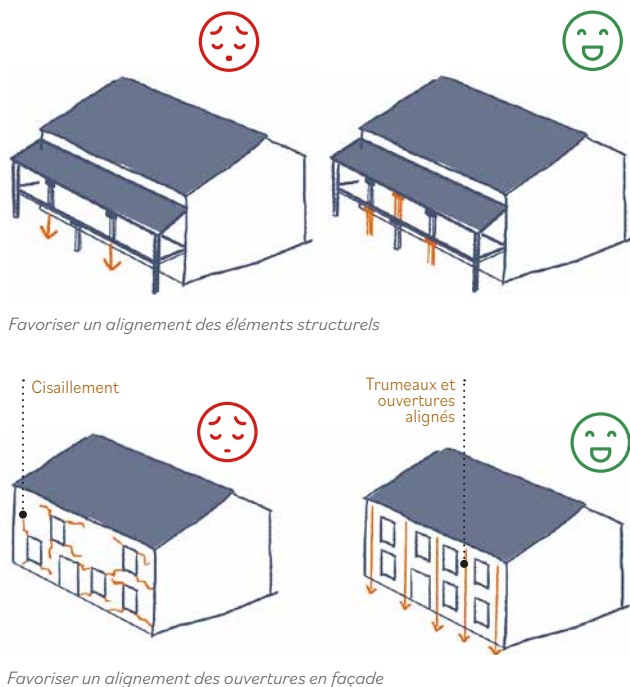
Le **chaînage** et le **contreventement** sont réglementés dans la réglementation parasismique. Leur dimensionnement dépend du type de construction. La conception gagne à prendre en compte ces données dès les prémices du projet.

Les planchers et la charpente constituent le **contreventement horizontal** qui transmet les charges sismiques aux éléments porteurs verticaux. Les chaînages ou les panneaux assurent le **contreventement vertical**. La présence de trémies peut affaiblir le contreventement horizontal,

notamment si elles sont de grande taille ou disposées dans les angles. Sa périphérie est donc renforcée par chaînage.

La charpente est ancrée dans le chaînage périphérique afin de transmettre les charges sismiques aux éléments verticaux. Les matériaux de couverture sont le plus léger possible et doivent être fixés à la charpente.

ALIGNER LES ÉLÉMENTS STRUCTURELS



Pour assurer la **continuité des descentes de charges verticales**, les murs porteurs et les poteaux structurels doivent être alignés.

De même, pour assurer une **continuité structurelle verticale**, les ouvertures en façade doivent être alignées.

Les **trumeaux** assurent le contreventement. Il est souhaitable que la surface des ouvertures ne dépasse pas 30 % de la surface du mur plein.

Les ouvertures constituent des points de fragilité au niveau des murs. La fissuration des façades s'amorce généralement aux angles qui sont un lieu de concentration des contraintes. Il est par conséquent nécessaire de prévoir un encadrement rigide des ouvertures, relié au chaînage. On évitera de placer une ouverture trop proche de l'angle d'un bâtiment.

CONFORTER DES CONSTRUCTIONS EXISTANTES FACE AU RISQUE SISMIQUE

Selon le type de bâti, à l'occasion de travaux importants sur la structure, la réglementation peut imposer de rendre le bâtiment existant conforme aux règles parasismiques en vigueur. Mais dans la plupart des pays, les constructions de plus de 10 ans n'ont pas été conçues selon les normes parasismiques.

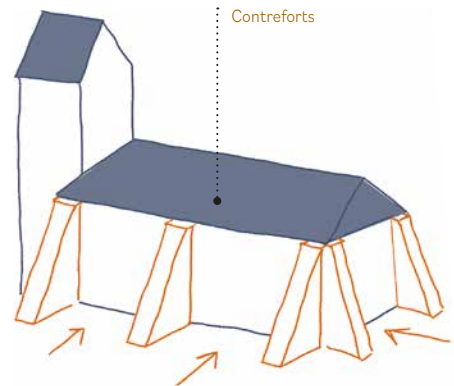
À l'avenir, l'objectif sera donc le renforcement de toutes les constructions existantes exposées. Or, lorsque les mesures parasismiques n'ont pas été prévues lors de la conception initiale, la **réhabilitation et le renforcement sont techniquement délicats**. Ces opérations consistent à **reprenre les fondations, créer des chaînages, renforcer les planchers et contreventer la toiture**.

Dans les centres anciens, la présence de bâtiments mitoyens et l'intérêt architectural de certains ouvrages augmentent également la difficulté du renforcement parasismique.

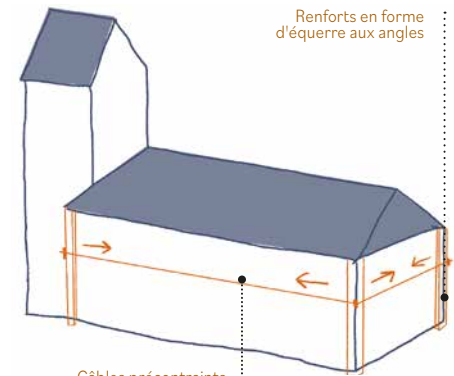
Pour le bâti courant, un diagnostic de vulnérabilité doit être réalisé avant d'effectuer des travaux pour éviter de fragiliser le bâtiment existant d'une part, pour étudier la possibilité d'augmenter la résistance du bâtiment en cas de séisme à l'occasion des travaux effectués d'autre part.

Pour les ouvrages les plus sensibles (établissements recevant du public) ou les plus stratégiques (établissement indispensables en cas de crise : hôpitaux, casernes de pompiers, gendarmeries), un diagnostic de vulnérabilité doit être réalisé pour mettre en place des actions de réduction de la vulnérabilité.

Les balcons peuvent être particulièrement fragilisés en cas de séisme. Le ferrailage de ces éléments doit être soigné en conséquence. Les chutes de cheminée ou d'autres éléments non structuraux peuvent également causer d'importants dommages et de blessures. L'élancement des cheminées doit donc être limité ou corrigé par des dispositions spécifiques telles que le **haubanage**. Un **hauban** correspond à une barre ou un câble de traction servant à maintenir la forme ou la position d'une poutre. De plus, il convient de fixer solidement le mobilier comme les armoires ou les luminaires.



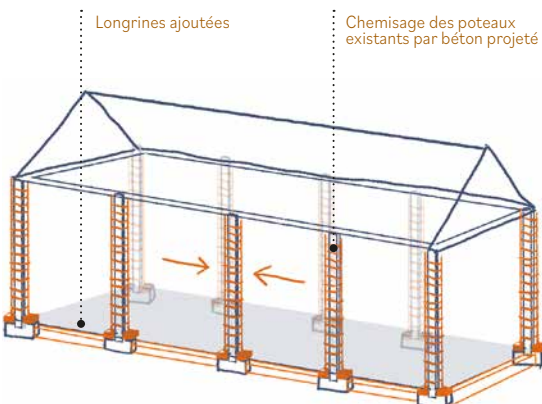
Contreforts



Renforts en forme d'équerre aux angles

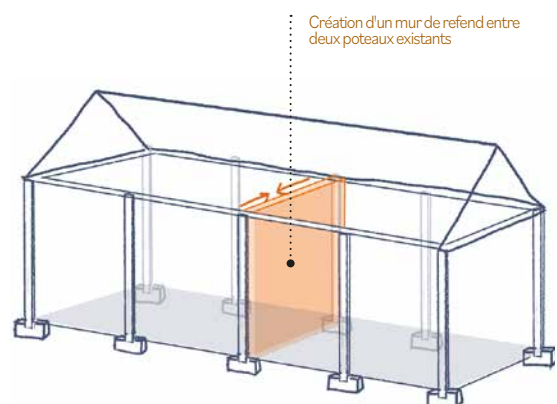
Câbles précontraints

Consolidation de l'existant par câbles précontraints ou par contreforts



Longrines ajoutées

Chemisage des poteaux existants par béton projeté



Création d'un mur de refend entre deux poteaux existants

Consolidation de l'existant par ajout de longrines, chemisage ou ajout de murs de refend

PROFITER DES INTERVENTIONS URBAINES ET ARCHITECTURALES NOUVELLES POUR CONFORTER L'EXISTANT

À l'échelle urbaine, la **réduction de la densité** de constructions dans certains quartiers existants peut s'avérer indispensable car elle permet de **réduire l'interaction entre les constructions** et de créer des espaces libres permettant de rassembler les populations en cas de crise sismique et d'y dispenser des soins. On parle d'**aire de sauvegarde**.

Cela nécessite des actions volontaires de préemption en vue de la démolition des îlots les plus vulnérables. Ce qui **demande une volonté politique très affirmée** puisqu'elle concerne le droit de propriété privée.

À l'échelle du bâti, **les nouvelles constructions parasismiques peuvent permettre la mise en œuvre de confortement sur les constructions existantes adjacentes. Ces interventions doivent permettre de retrouver deux murs de contreventement dans chaque direction horizontale.**

*Une extension désolidarisée d'un bâtiment
existant par un joint parasismique doit respecter
les règles applicables pour le bâti neuf.*

Il faut également prendre en compte le fait que le remplacement d'un immeuble ancien par un immeuble nouveau avec joints parasismiques risque de modifier le comportement des immeubles limitrophes.

CE QUE DIT LA LOI

La loi portant engagement national pour l'environnement a rendu obligatoire la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant un public sensible (articles L. 221-8 et R. 221-30 et suivants du code de l'environnement)

PARTIE 2

Quelques initiatives locales

Groupe scolaire résilient face aux risques radon et sismique à Viessoix

IDENTITÉ
DU PROJET

Programme	École maternelle et primaire
MOA	Commune de Valdallière
Localisation	Viessoix (14)
Classification	Etablissement scolaire de type R, catégorie III
Surface	2 370 m ²
MOE	G+A, Betom, Cap terre, Altia, Arwytec
Date de livraison	2021
Montant des travaux	3,9 M€ HT

L'EXPOSITION AUX RISQUES

Le projet se situe en **zone sismique 2**, correspondant à un **risque sismique faible**. En tant que construction neuve, de type R et de catégorie d'importance III vis-à-vis de la réglementation parasismique, les Eurocodes 8 s'appliquent en considérant une accélération sismique de référence de $a_{gr} = 0,70\text{m/s}^2$.

Suivant la cartographie du **potentiel radon** des formations géologiques établie par l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), la commune est classée en catégorie 3. Cela signifie qu'elle présente, sur au moins une partie de sa superficie, une teneur en uranium estimée plus élevée comparativement à d'autres formations. Ses formations géologiques sont constituées de massifs granitiques, de grès et de schistes noirs.

LES MESURES ENTREPRISES

Il n'existe pas de mesures réglementaires particulières vis-à-vis du radon. Les moyens de limiter la teneur en radon dans l'air sont choisis par le maître d'œuvre. **Sensibiliser la maîtrise d'ouvrage** à ce sujet est donc primordial.

Le plancher bas est porté par des semelles filantes. Cela permet de **décorrélér la structure du sol** et d'assurer une isolation des espaces intérieurs vis-à-vis du radon.



L'école photographiée par drone
© Crédits photos : G+ architectes

Le **manchonnage**, qui consiste à mettre en œuvre des anneaux de protection souples pour combler le vide entre un tuyau et une autre surface, assure un rôle d'étanchéité vis-à-vis du radon pour les canalisations et les éléments qui traversent les planchers.

Les locaux sont maintenus à l'équilibre par pulsion-extraction. L'objectif étant que les locaux soient en **légère dépression intérieure pour extraire le radon du bâtiment**.

Concernant le risque sismique, conformément à la réglementation parasismique, le lot menuiseries extérieures aluminium a fourni une note de calcul parasismique pour chaque type de fixation. Chaque élément d'assemblage et de liaison (rupteurs, goudjons, coupleurs, etc.) a dû être **validé par avis technique**. Pour ce faire, une collaboration a été mise en place entre le lot gros-œuvre et le bureau d'étude de l'entreprise de charpente métallique afin de vérifier la résistance au séisme des ouvrages.

Des **feuillards perforés** permettent le contreventement de la charpente métallique.

Un joint parasismique de 4 cm a été réalisé sur le bâtiment le plus long pour assurer l'adaptation du bâtiment aux mouvements sismiques. Afin d'intégrer visuellement ce joint à l'intérieur des locaux, un champlat en bois a été fixé sur un des deux côtés du joint parasismique.



Solidarisation entre la dalle portée et les fondations du rez-de-chaussée, assurant une protection contre le radon
© Crédits photos : BETOM Ingénierie



Feuillard perforé
© Crédits photo : Maison éconologique



Grille d'extraction de l'air intérieur au niveau du plafond
© Crédits photos : CAUE 14



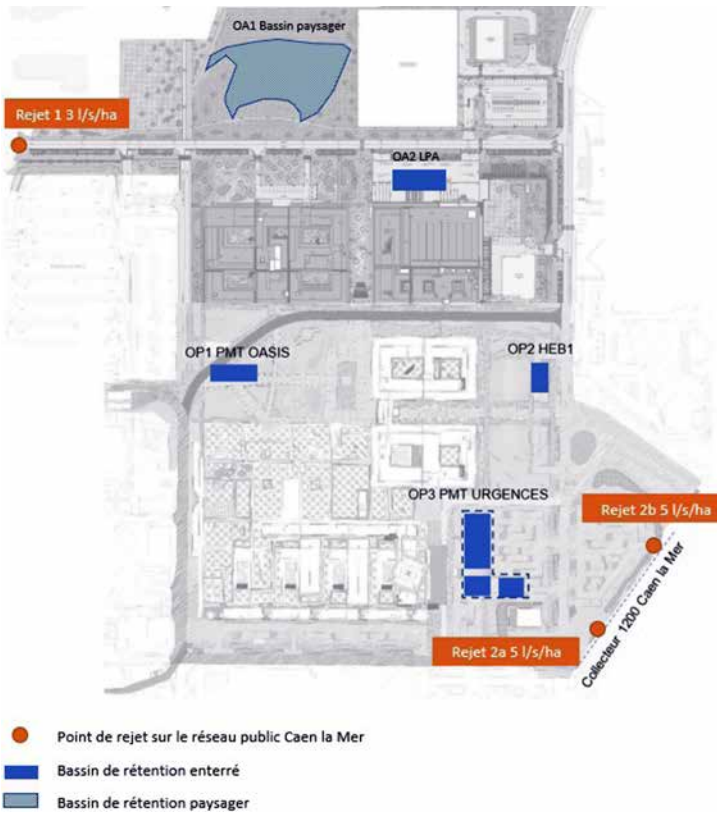
Champlat sur joint parasismique à droite
© Crédits photos : CAUE 14

Approche multirisques au CHU de Caen

IDENTITÉ DU PROJET	Programme	Hôpital de 1 049 lits et places d'hospitalisation
	MOA	Centre Hospitalier Universitaire de Caen Normandie et ses équipes
	Localisation	Caen (14)
	Classification	ERP de 1 ^{ère} catégorie, de type U
	Surface	110 000 m ²
	Site	12,5 hectares
	MOE	AIA architectes, Diagram, AIA ingénierie, Sogeti, AIA environnement, AIA management, AIA territoires, CERCLH, 2B Concept consulting, Ideal Medical Products Engineering, Fondasol, Integral Ruedi Baur
	Date de livraison	Opération anticipée : 2022 / opération principale : 2026
	Montant des travaux	502 M€ HT

Une évaluation environnementale a été réalisée dans le cadre de ce projet. Elle a amené une démarche itérative de réflexion et a notamment permis de proposer toutes les **mesures d'évitement, de réduction, de compensation et/ou d'accompagnement (ERCA)** visant à limiter les incidences sur l'environnement. Cette démarche a nécessité un suivi bi-annuel par le CHU et de nombreux échanges entre la maîtrise d'ouvrage, l'AMO, les concepteurs et les bureaux d'études, ainsi qu'avec les services de l'État (DDTM, DREAL et ARS).

L'EXPOSITION AUX RISQUES



Ouvrages de gestion des eaux pluviales et points de rejet,
© Sogeti

Risque sismique

Le CHU de Caen se trouve en zone sismique 2, c'est-à-dire en zone à risque sismique faible. Selon l'eurocode 8 - NF EN 1998-1, en tant qu'ouvrage dont le fonctionnement est primordial pour la sécurité civile, pour la défense ou l'ordre public, les bâtiments indispensables à son fonctionnement et ceux dont le fonctionnement ne peut être interrompu sont classés en catégorie d'importance sismique IV. La profondeur de la nappe au droit du périmètre de projet est estimée entre 20 et 30 m par rapport au sol. Le canal de Caen étant situé à environ 2 km du périmètre du projet, ce dernier est supposé étanche. Le périmètre de projet se situe à cheval sur deux bassins versants d'assainissement pluviaux et une grande partie des eaux pluviales est collectée au niveau de la route de Lion, puis rejoignent le canal au sud-est.

1^{ère} phase OA
Opération 2022
A/ Logistique / Pharmacie / Administration
B/ Biologie / Recherche

2^{ème} phase OP
Opération 2026
C/ Hospitalisation conventionnelle
D/ Hall d'accueil / Plateau ambulatoire / Consultations
E/ Plateau technique / Soins critiques / Urgences



Les deux phases de réalisation du projet,
© AIA Life Designers - architectes

La partie la plus basse du périmètre, située au nord-ouest, est dirigée vers le réseau de collecte de l'avenue de la Côte de Nacre qui rejoint le collecteur "Couvrechef-Dunois" au sud-ouest. Le périmètre de projet n'est pas concerné par le risque de remontée de nappe. Il est situé sur une entité hydrogéologique imperméable à l'affleurement.

Risque lié aux eaux

Le projet de reconstruction du CHU n'est pas soumis à la procédure de la Loi sur l'eau.

Risque lié aux remontées de nappe

Le BET IDDEA a été missionné par le CHU pour traiter la question du ruissellement. Une étude hydrogéologique a été réalisée par Fondasol à travers un suivi de piézomètres durant plus d'un an. L'étude a révélé la présence d'une nappe perchée alimentée par les épisodes pluvieux. Le chantier a nécessité la pose de piézomètres afin d'assurer un suivi de la montée des eaux.

Risque minier

L'étude historique de la pollution pyrotechnique réalisée par le CHU en début de projet a révélé qu'il n'y a pas de risque minier.

Risque de pollution

Étant donné l'historique du site, le CHU a missionné un bureau d'études spécialisé pour une prestation d'assistance à maîtrise d'ouvrage de diagnostic de pollution des sols et pour des travaux de dépollution de la zone de l'ancienne blanchisserie. Le site présente des traces de tétrachloroéthylène dans les sols et les gaz de sols, ce qui implique une excavation des terres, une analyse des gaz de sol et une analyse de l'eau dans les piézomètres.

Risques technologique et industriel

Le périmètre de projet n'est pas couvert par un PPRT (Plan de prévention des risques technologiques) mais le site de Côte de Nacre - CHU de Caen est soumis à une ICPE de type A, c'est-à-dire que les interventions sur le site nécessitent une autorisation environnementale. Une ligne de pipeline d'hydrocarbures est située à environ 3 km au sud-est du périmètre de projet, ainsi qu'une canalisation de gaz, qui longe le périmètre de projet à l'est, au niveau de l'avenue du G. Charles de Gaulle.

L'emprise du CHU a été impactée lors de la Seconde Guerre Mondiale par le bombardement terrestre des forces britanniques. Une pollution pyrotechnique en faible profondeur se trouve ainsi à 2,50 m en dessous du niveau du terrain naturel de 1944.

LE PROJET ARCHITECTURAL

Le projet architectural se décline en deux opérations et en plusieurs bâtiments s'articulant autour d'une place, l'Oasis. Les bâtiments sont reliés entre eux par un système de galeries enterrées à vocation logistique et de galeries aériennes pour le déplacement des usagers.

Les deux opérations sont :

- l'Opération Anticipée (OA) portant sur la construction des bâtiments Biologie (BIO) et Logistique - Pharmacie - Administration (LPA)
- l'Opération Principale (OP) portant sur :
 - . La construction du bâtiment de soins (Plateau Médico-Technique et hôpital de jour - PMT)
 - . La construction des Plots d'Hébergements (HEB)
 - . La construction du Centre de Conférence (CCO)

LES MESURES ENTREPRISES

Pour le risque de remontée de nappe, un tapis drainant a été mis en place sous les bâtiments LPA et HEB.

Un raccordement a été prévu pour la gestion des eaux pluviales vers un bassin. Des toitures végétalisées et des noues au niveau des parkings permettent d'absorber les petites pluies.

En ce qui concerne le risque sismique, une modélisation sismique tridimensionnelle a été réalisée afin de vérifier les réactions des bâtiments lors d'un séisme et de dimensionner les ouvrages.

Les volumétries suivent des blocs indépendants à géométrie simple qui sont découpés par des joints de dilatation disposés tous les 50 mètres.

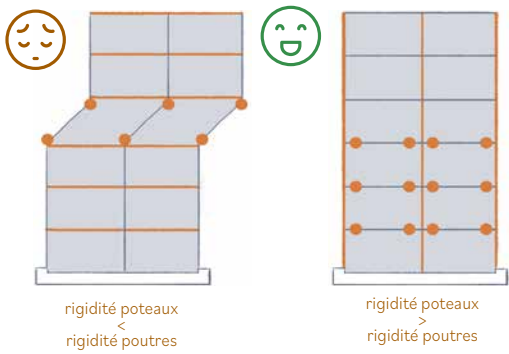
Des voiles de contreventement plombent tous les niveaux jusqu'aux fondations. Les charges sont ainsi reprises par des poteaux et non par des poutres. Dans cette configuration, la rigidité des poteaux doit être supérieure à la rigidité des poutres.

Le lot chauffage-ventilation-climatisation a pris en compte certaines préconisations spécifiques comme le contreventement des réseaux hydrauliques, aérauliques et fluides médicaux suspendus, ainsi que l'utilisation d'outillages limitant les déplacements et les vibrations et permettant aux réseaux de franchir les joints de dilatation.

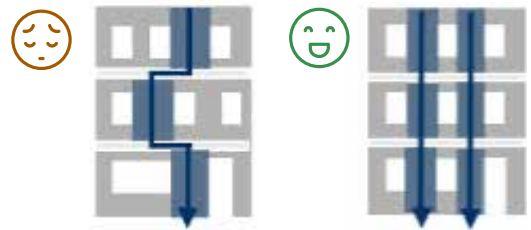
Le site existant a été classé en Autorisation ICPE. Il a ensuite été déclassé en Déclaration à la suite du démantèlement des tours aéroréfrigérantes et de l'arrêt de la chaufferie gaz.



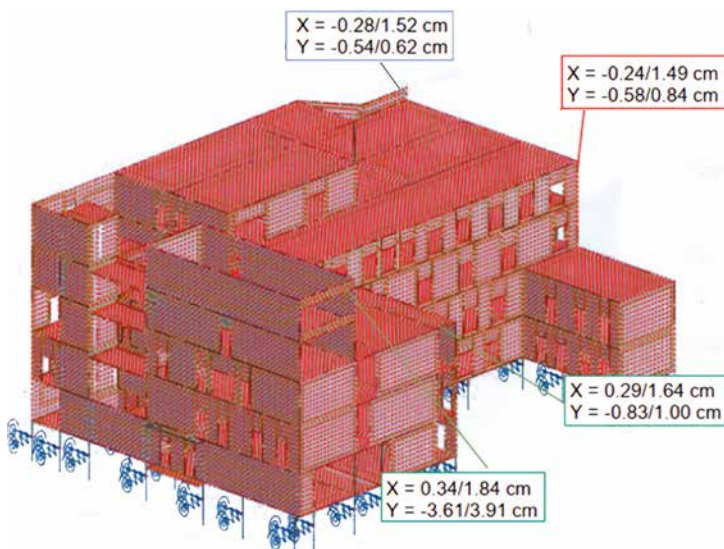
*Les tours aéroréfrigérantes démantelées,
© AIA Life Designers - architectes*



Favoriser une rigidité des poteaux supérieure à la celle des poutres



L'alignement des éléments structuraux porteurs
© La nouvelle réglementation parasismique applicable aux bâtiments,
MEDDTL, janvier 2011



Valeur en centimètres des déplacements des nœuds significatifs de l'enveloppe d'un des bâtiments en cas de secousse sismique
© AIA Life Designers - architectes



L'alignement des ouvertures et des panneaux de contreventement en façade
© AIA Life Designers - architectes

Médiathèque parasismique à Bayeux

IDENTITÉ
DU PROJET

Programme	Médiathèque intercommunale
MOA	Bayeux Intercom
Localisation	Bayeux (14)
Classification	ERP de 3 ^{ème} catégorie avec activités de type S et L
Surface	2 550 m ²
MOE	Serero architectes
Date de livraison	2019
Montant des travaux	5,02 M€ HT
Prix	Façades2Build Awards - Mention spéciale

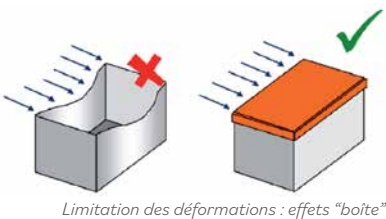
L'EXPOSITION AUX RISQUES

Le projet se situe en zone sismique de niveau 2 (risque sismique faible). Il est classé d'importance III. Le projet est également exposé au risque d'accumulation d'eau météorologique dans un sol peu perméable pouvant avoir un impact sur les fondations.

LES MESURES ENTREPRISES

Comme le projet est exposé au risque de remontée de nappe, des voiles de béton ont été sur-ferraillés au sous-sol. Aucun joint de dilatation n'a été réalisé afin de préserver la façade.

Le contreventement de la charpente métallique est assuré par deux gros volumes stabilisés par des voiles de béton fondés sur des semelles superficielles liaisonnées par des longrines pour supporter les efforts verticaux. Les planchers béton sont considérés comme des diaphragmes rigides (effet "boîte", cf. schéma) qui assurent la transmission des efforts horizontaux sur les voiles béton qui servent de contreventement.

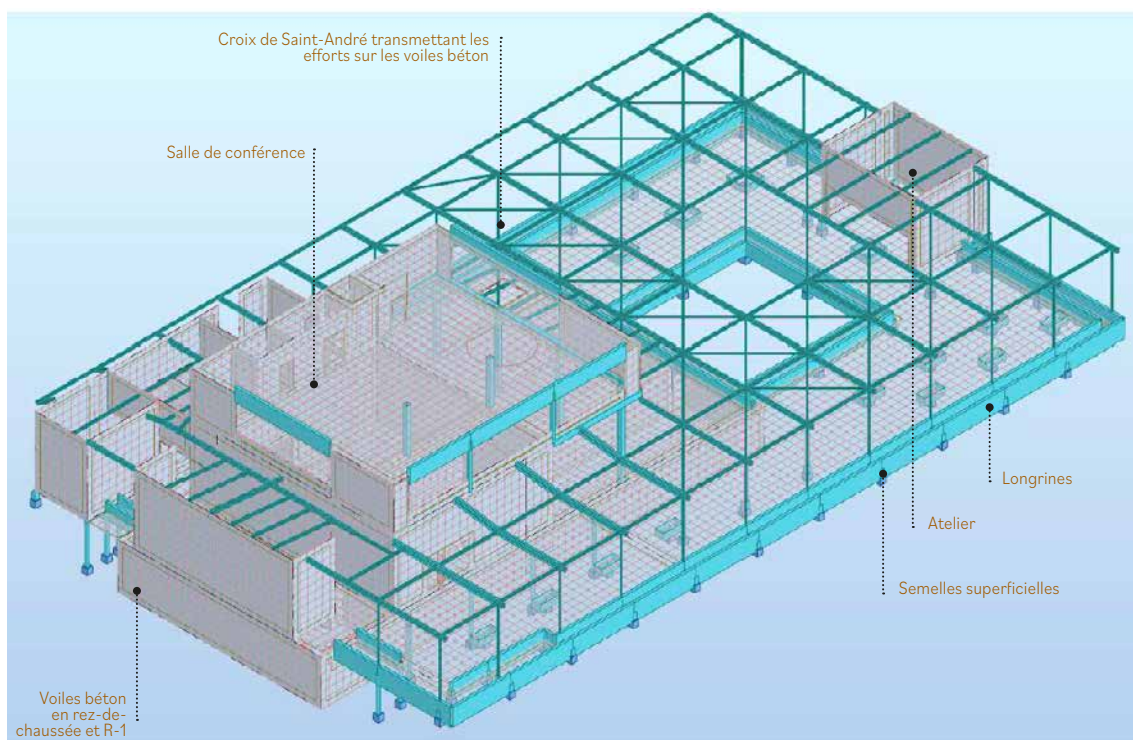


Des croix de Saint-André entre les pannes métalliques assurent la transmission des efforts horizontaux aux éléments verticaux.

L'ensemble des **appuis de la toiture** sont "**glissants**" car ils assurent la dilatation de la charpente.



La façade principale nord dont les appuis glissants assurent la dilatation en cas de séisme
© Serero architectes / David Serero / Crédits photo : Didier Boy de la Tour



Modélisation 3D en BIM du principe structurel
© Serero architectes / David Serero



L'espace intérieur de la médiathèque, un plateau libre sans limites enclouonnées
© Serero architectes / David Serero / Crédits photo : Didier Boy de la Tour



La façade principale nord proposant une réinterprétation de la tapisserie de Bayeux à travers une composition de tubes d'acier colorés dans les 8 teintes naturelles de laine de la tapisserie.
© Serero architectes / David Serero / Crédits photo : Didier Boy de la Tour

Interventions face au radon au collège de Condé-sur-Noireau

IDENTITÉ DU PROJET	Programme	Collège Dumont d'Urville construit dans les années 1970 accueillant un effectif de 350 élèves, constitué de 2 bâtiments comprenant des salles de classe et 1 bâtiment comprenant une salle de restauration
	MOA	Conseil départemental du Calvados
	Localisation	Condé-sur-Noireau (14)
	MOE	Restructuration et extension du collège réalisées en 2006 par Millet-Chillou-Gardette architectes puis interventions techniques réalisées
	Date de livraison	Interventions concernant le risque radon terminées en 2013
	Montant des travaux	Coût estimé pour l'ensemble des interventions liées au radon : 400 000€/HT

L'EXPOSITION AU RISQUE

En 2008, des campagnes de mesures ont été réalisées à l'initiative du Conseil départemental du Calvados sur l'ensemble des collèges afin de contrôler le taux de radon dans les espaces intérieurs. Certains relevés dépassaient le seuil de précaution de l'époque fixé à 400 Bq/m³. Labéo, le pôle d'analyses et de recherches de Normandie détient la compétence pour réaliser ce type de mesures.

LES MESURES ENTREPRISES

Une partie des bâtiments étant enterrée et une autre étant sur terre-plein, plusieurs types d'interventions ont du être mises en place suite aux résultats de ces sondages. Certaines entreprises préconisaient de réaliser un **drainage tout autour du bâtiment**, d'autres d'**extraire l'air présent dans les dalles**. D'autres types d'interventions ont finalement été réalisés, par tâtonnement, pour abaisser le taux d'uranium dans les locaux intérieurs.

Dans un premier temps, des **travaux de calfeutrement de fissures, des trémies existantes et des passages de canalisations** ont été réalisés avec une résine en octobre 2010. Dans un deuxième temps, un **système d'insufflation d'air dans les caves et dans les vides sanitaires a été installé**. Ces installations ont été réalisées par le biais de gaines verticales passant à travers deux cours anglaises. Dans un troisième temps, un **système de traitement d'air double flux** a été installé dans le réfectoire de l'établissement et dans les caves, asservi à une détection du radon. Légèrement sur-dimensionnée, cette installation se met en route pour surventiler les espaces intérieurs lorsque le seuil est dépassé et assurer une mise en dépression du sous-sol.

Enfin, une compensation de la hotte de cuisson a été mise en place pour **limiter la dépression dans la zone cuisine**.

Le surcoût lié à l'ensemble de ces interventions a représenté environ 400 000 euros.

Ce retour d'expérience amène à préconiser la **réalisation d'un diagnostic radon en amont de tout projet** sur les territoires exposés, afin d'intégrer les mesures adaptées à la conception architecturale et de ne pas en faire pâtir le projet.



Sortie des gaines de la double-flux sur le pignon de l'école
© Google Street view



Le collège Dumont d'Urville depuis la rue Samuel Frémont
© Google street view



Installation double-flux
© CAUE 14



Exemple de ventilation double-flux au plafond d'un réfectoire © CAUE 14

Nouveaux quartiers en zone inondable à Cabourg

IDENTITÉ
DU PROJET

Programme	206 logements
MOA	BC FRANCE
Localisation	Cabourg (14)
Surface	15 379 m ²
MOE	MPA architectes
Date de livraison	Prévue en 2026
Montant des travaux	24 M€ HT
Certification	NF HABITAT HQE

L'EXPOSITION AUX RISQUES

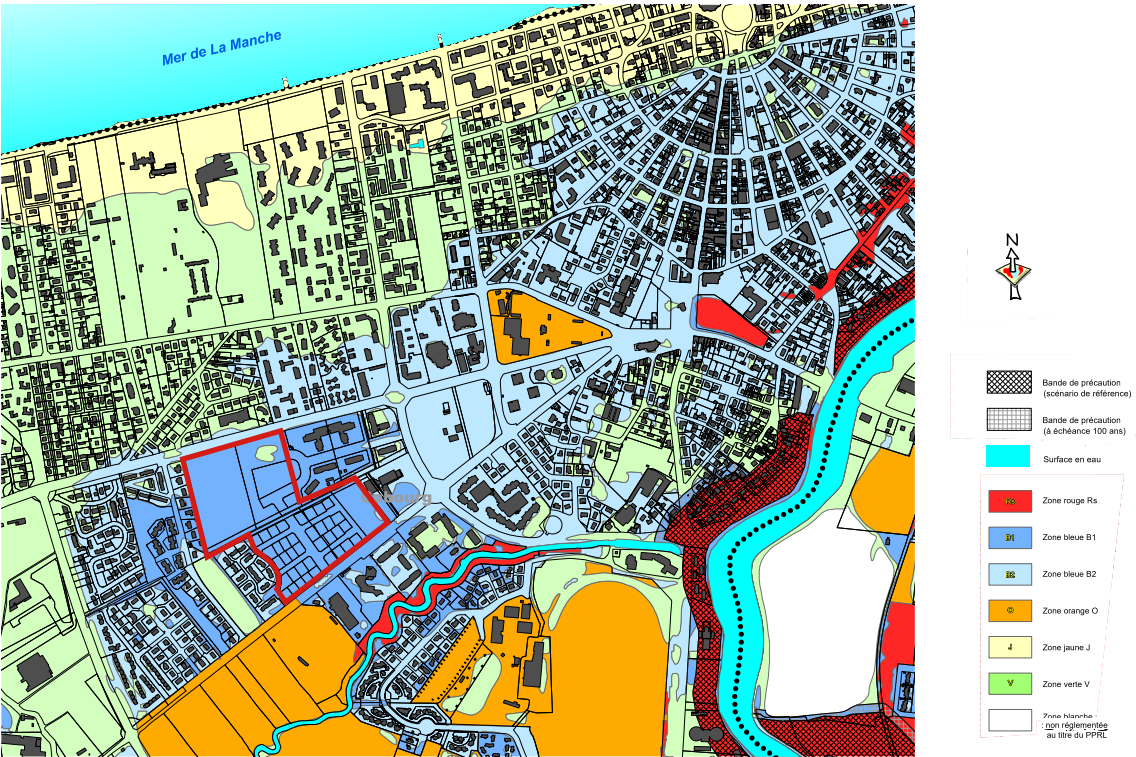
Le PPRL considère que Cabourg est avant tout exposé au **risque de débordement de cours d'eau**.

La zone de la Divette est la dernière à urbaniser. Elle est située en zone bleue B1 du PPRL. Le secteur est exposé à un aléa faible de submersion marine à échéance 100 ans.

LES MESURES ENTREPRISES

Il existe une **double stratégie face aux risques** sur le territoire Cabourgeais. D'une part, sur le littoral, l'entretien de la digue et les dépôts sédimentaires artificiels permettent de **"résister" pour protéger le centre historique** des intempéries maritimes. En effet, la digue étant nettement plus haute que le niveau de la mer, même avec une élévation de la mer d'au moins 1,80 m (prévisions du GIEC), l'eau ne s'engouffrerait pas dans la ville.

D'autre part, face aux débordements de la Dives et de la Divette, il a été retenu de **"céder"**. En effet, à proximité du marais au sud-ouest, l'exposition aux risques croît.



PPRL de l'estuaire de la Dives, Plan de zonage réglementaire
© DDTM Calvados

Aux abords de la Divette, la création de fossés et de bassins de rétention ont permis d'**intégrer la gestion des eaux pluviales à l'aménagement**. La moitié de la commune est concernée par le risque, et le PPRL impose parfois une surélévation des constructions. Le projet prévoit la protection de zones humides et l'intégration du risque de débordement de la Divette avec de larges espaces libres pour gérer les eaux.

En termes de gestion du risque, les bâtiments ont été surélevés de 3,00 m pour être hors d'eau, bien que le PPRL imposait 1,20 m minimum. La gestion des eaux pluviales a été intégrée à l'aménagement paysager à travers un réseau de fossés et de canaux réservoir et des revêtements de sol perméables. Les zones humides ont, quant à elles, été protégées.

Afin de préserver les zones humides et les zones d'expansion des crues, quatre îlots constructibles ont été délimités. Ils sont reliés entre eux, et avec les quartiers riverains, par des chemins et des pistes cyclables inondables.



Plan Masse final du dossier PC
d'aménagement du nouveau
quartier d'habitat entre l'avenue
Guillaume le Conquérant et
l'avenue de la Divette
© MPA architectes



Perspective sur les constructions en zone inondable
© MP-A architectes

Réflexion territoriale face aux inondations à Caen-la-Mer

L'EXPOSITION AUX RISQUES

Une submersion marine peut impacter Caen et les communes situées sur les rives de l'Orne jusqu'à Louvigny, pourtant située à environ 17 km de la côte. Les sous-sols de la Maison d'arrêt de Caen, du Tribunal de Grande instance, de la Banque de France et du Musée des Beaux-Arts ont déjà subi des inondations.

LES MESURES ENTREPRISES



Dispositif anti-crue à Louvigny
© Ouest-france



La prairie de Caen inondée
© Jérémy Bonnet, actu.fr

Une prairie inondable de 90 ha et une importante zone humide longeant l'Orne sur les communes de Louvigny et Fleury-sur-Orne ont été créées à Caen. Elles permettent de stocker l'eau de l'Orne en période de forte précipitation, atténuant ainsi le débit et la hauteur d'eau des cours d'eau situés à l'aval. L'eau est ensuite restituée en période plus sèche.

Le syndicat de lutte contre les inondations de l'agglomération caennaise oblige une surveillance en amont, par la préfecture, de la cote de l'Orne à Thury-Harcourt pour prévoir les événements qui occurredront dans l'agglomération caennaise dans les 10 heures suivantes.

En l'état, sur certaines parties du territoire, il est nécessaire de "résister". En cas d'alerte, une barrière de protection anti-crue est déployée sur 400 m dans la commune de Louvigny. Cette aquabarrière est composée d'aluminium habillé de bois et étanchéifiée par le moyen d'une bâche. Ce qui va permettre de surélever de plus de 1,5 m les bords de la digue. On retrouve divers autres travaux d'aménagements, dont des routes-digues à Caen, Fleury-sur-Orne et Louvigny, ainsi que le parc périurbain Orne/Odon, sur plus de 500 ha.

Le coût du déploiement représente 150 000€ supportés par le Syndicat de lutte contre les inondations. De novembre 2001 à mars 2003, il y a eu la réalisation du déversoir du Maresquier à Ouistreham Riva-Bella pour réguler le débit de l'Orne vers le canal de Caen à la Mer. Et de 2002 à 2004, le canal Victor Hugo a été creusé pour guider les eaux du fleuves vers le canal.

La stratégie face à l'inondation autour de Caen
© Google Maps, CAUE 14

Vanne du bassin Saint-Pierre Canal Victor Hugo



Résister : digue de protection + ponctuellement une aqua-barrière de 400 m à Louvigny

Céder : hippodrome inondable
Reprofilage de l'Orne au niveau du Viaduc de la Cavée
Barrage de Montalivet
Résister : digue de protection
Céder : espace naturel sensible départemental : zone humide inondable

Vers une architecture résiliente et biosourcée

Les matériaux bio-sourcés semblent présenter un bon rapport efficacité/respect de l'environnement face au risque d'inondation en comparaison des matériaux synthétiques et minéraux.

En termes d'isolation, il est judicieux d'utiliser un isolant qui conserve au mieux ses **qualités thermiques après immersion**. Il s'agit également de mettre en œuvre des matériaux qui sèchent rapidement ou qui sont facilement remplaçables.

Les **matériaux minéraux** (laine de verre et laine de roche) doivent être évités car ils peuvent subir des effets de tassement importants. De plus, leur hydrothermie est peu efficace. Les **matériaux synthétiques** (polyuréthane, polystyrène, mousse) sont les plus efficaces thermiquement puisqu'ils sont dépourvus de toute sensibilité à l'humidité.

En revanche, leur remplacement en cas de dégâts est difficile, ils ne permettent pas une bonne ventilation et leur composition chimique empêche leur **réemploi** et engendre donc une pollution.

Le chanvre, la paille ou encore le lin présentent, quant à eux, une forte perméabilité à la vapeur d'eau et une forte régulation de l'humidité. Ce sont donc des matériaux intéressants en zone inondable.

Le lin semble être un matériau particulièrement intéressant pour la construction en Normandie. En panneaux agglomérés à base d'anas de lin (le bois du lin) ou en panneaux d'isolation souple, **le lin régule l'hygrométrie et peut absorber jusqu'à 10 fois plus d'humidité que les isolants minéraux**. Il a également une capacité de stockage de la chaleur plus grande que les matériaux d'isolation traditionnels. Les fibres permettent une bonne ventilation et sont biodégradables. De plus, en panneaux agglomérés et souples, les fibres sont réutilisables, contrairement aux fibres en vrac qui peuvent subir des effets de tassement.

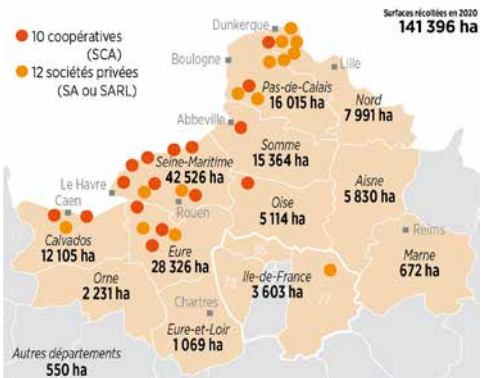
Le lin est une ressource produite localement en Normandie. La quasi-totalité des surfaces de production du lin se situent dans la moitié nord de la France, première productrice mondiale de lin, devant la Belgique et les Pays-Bas. En 2020, sur un total de 141 000 ha de surfaces récoltées, 85 000 ha ont été récoltés en Normandie, soit presque deux tiers de la production française.

Après la récolte, le lin est livré aux entreprises de premières transformations sous forme de balles qui vont être déroulées puis teillées. Le **teillage** est une opération qui consiste à séparer les fibres de bois de la plante. Dans un premier temps, les graines sont récupérées pour la fabrication d'huile, qui sert à la production d'enduit ou de peinture isolante. Dans un second temps, la tige est battue pour en séparer les différents composants ; l'anas de lin et les fibres, qui sont elle-mêmes séparées selon leur longueur. Les fibres courtes sont peignées et utilisées pour créer des isolants en vrac, en panneaux ou en rouleaux. Les fibres longues, quant à elles, sont utilisées pour l'industrie textile.

Le secteur de la recherche travaille par ailleurs sur le développement du **béton de lin** et de la **brique de lin** dans le gros-œuvre.

La **bauge**, constituée de terre allégée et d'anas de lin, est la meilleure solution thermique d'isolation et de ventilation. Mais attention, en cas d'immersion, elle sera lente à sécher du fait des propriétés de la terre. Elle est donc adaptée en zone inondable uniquement au-dessus d'un soubassement peu sensible à l'immersion.

Pour plus d'informations concernant les matériaux bio-sourcés locaux, **l'association régionale pour la promotion de l'éco-construction (ARPE Normandie) propose un réseau d'acteurs de la construction spécialisés en la matière.**



Les sites de production de fibre de lin dans le nord de la France
© LP/infographie 6/4/2021, Le Parisien



Pose de lin en vrac / Pose de lin en panneaux agglomérés souples
© maison-travaux.fr et eco-logis.com

ANNEXES

Lexique et abréviations

Aléa naturel : Probabilité d'occurrence, dans une région et au cours d'une période donnée, d'un phénomène naturel susceptible de causer des dommages.

Aléa sismique : Probabilité, en un site donné, qu'au cours d'une période de référence (ex : probabilité annuelle), une secousse sismique atteigne ou dépasse en ce site une certaine intensité.

Amplitude d'une onde sismique : Déplacement maximal du sol par rapport à la position initiale.

Bande de précaution : Secteurs derrière une digue ou un cordon dunaire où la population est en danger en cas de rupture du fait de la forte vitesse et de la violence du phénomène qui surviendrait.

Bassin de risque : Entité géographique homogène soumise à un même phénomène naturel. Cette échelle permet d'étudier le phénomène dans sa globalité et sa réalité physique, en s'affranchissant des limites administratives.

Bassin versant : Tout ou partie d'un bassin hydrographique. C'est l'aire de collecte des eaux considérée à partir d'un exutoire et à l'intérieur de laquelle toutes les eaux précipitées s'écoulent en surface et en souterrain vers cette sortie. La limite du bassin versant est d'ordre topographique, c'est-à-dire qu'elle est représentée par la ligne de crête le séparant du bassin versant voisin.

Batardeau : Barrière physique destinée à assurer l'étanchéité contre les inondations (panneau anti-inondation sur glissière par exemple).

Biseau salé : Partie d'un aquifère (roches qui abritent de l'eau) côtier envahi par de l'eau salée (généralement marine) comprise entre la base de l'aquifère et une interface eau douce/eau salée.

Catastrophe : Grave interruption du fonctionnement d'une société engendrant de larges pertes humaines, matérielles ou environnementales qui dépassent les capacités de la société à faire face avec ses seules ressources propres. Les catastrophes sont souvent classées selon leur mode d'occurrence (brusque ou progressif) ou selon leur origine (naturelle ou anthropique).

CATNAT : Le régime d'assurance CATNAT est destiné à indemniser les conséquences des catastrophes naturelles.

CCR : Caisse centrale de réassurance.

CDRNM : Commission départementale des risques naturels majeurs.

CEREMA : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement.

CEPRI : Centre Européen de Prévention des Risques d'Inondation, appui technique et scientifique dans la prévention et la gestion du risque d'inondation en France et en Europe.

Contreventement : Ensemble d'éléments de construction assurant la stabilité et la rigidité d'un bâtiment vis-à-vis des forces horizontales engendrées par le vent, les secousses sismiques ou d'autres causes.

Cote de référence : Altitude naturelle d'un point du territoire à laquelle il faut additionner la hauteur d'eau.

Crue : dépassement du débit moyen annuel d'un cours d'eau. Ce phénomène se caractérise par une montée plus ou moins rapide du niveau d'un cours d'eau, liée à une augmentation du débit jusqu'à un niveau maximum appelé pic de crue. Ce phénomène peut se traduire par un débordement du lit mineur vers le lit majeur. Les crues sont caractérisées par leur fréquence (période de retour) et leur intensité (débit, hauteur d'eau, vitesse d'écoulement).

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, établissement public français, sa mission est de garantir la qualité et la sécurité des bâtiments.

Culture du risque : Géorisques définit la culture du risque comme étant "la connaissance par tous les acteurs - élus,

techniciens, citoyens, etc. des phénomènes naturels et leur appréhension de la vulnérabilité".

DDRM : Dossier départemental des risques majeurs

DDTM : Direction départementale des territoires et de la mer

DGPR : Direction Générale de la Prévention des Risques qui, au sein du Ministère de la Transition Écologique, a pour mission d'identifier et quantifier l'ensemble des risques pour mener les politiques de prévention adaptées.

DI : Directive Inondation

DICRIM : Documentation d'information communal sur les risques majeurs

Diaphragme : Ouvrage plan horizontale (plancher) ou incliné (versant de toiture) conçu pour résister aux forces qui agissent dans son plan. Il doit transmettre les charges horizontales sur les éléments verticaux de contreventement.

DREAL : Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

Droit réel : se définit comme une prérogative directe d'une personne sur un bien immobilier ou mobilier.

Ductilité : Capacité d'un matériau, et par extension celle d'un élément ou d'une structure, à subir avant rupture des déformations plastiques, sans perte significative de résistance. Une ductilité importante permet de prévenir une rupture brutale de la structure et sa dislocation, de plafonner les charges sismiques et d'améliorer la résistance des éléments constructifs aux charges par redistribution des contraintes sur les sections non endommagées.

Effet de site : Amplification ou atténuation du mouvement du sol en surface, causée par les caractéristiques locales du site comme la topographie ou la géologie.

Effets directs d'un séisme : Effets dus aux seuls mouvements vibratoires du sol. Les effets de site sont des effets directs.

Effets induits par un séisme : Grands mouvements de sol et d'eau, pouvant être destructeurs, générés par le séisme. Il peut s'agir du déclenchement d'un phénomène latent par la mise en action des sols (glissement et effondrements de terrains, éboulis, ...), de la genèse d'un phénomène spécifique, lié au caractère ondulatoire du mouvement (liquéfaction des sols, tsunamis, seiches).

Élancement géométrique : Rapport de la longueur d'un espace à sa plus petite dimension transversale.

Élastique (déformation) : Déformation réversible. Le retour à la position non déformée se fait sans désordres après la suppression des charges qui ont provoqué la déformation, contrairement à la déformation plastique.

EPCI : Établissement public de coopération intercommunale à fiscalité propre. Cette coopération concerne les communautés de communes, les communautés d'agglomérations, les communautés urbaines et les métropoles (L.52110-1-1 du CGCT).

EPTB : Établissement public territorial de bassin. Syndicat mixte créé "en vue de faciliter, à l'échelle d'un bassin ou d'un groupement de sous-bassins hydrographiques, la prévention des inondations et la défense contre la mer, la gestion équilibrée et durable de la ressource en eau, ainsi que la préservation, la gestion et la restauration de la biodiversité des écosystèmes aquatiques et ses zones humides et de contribuer, s'il y a lieu, à l'élaboration et au suivi du schéma d'aménagement et de gestion des eaux" (L.213-12 CE).

Il a pour vocation en particulier d'assurer la coordination des actions GEMAPI sur une échelle territoriale large correspondant à un grand bassin versant ainsi que l'animation territoriale dans le domaine de l'eau à l'échelle du bassin versant de cours d'eau. Contrairement à un EPAGE, un EPTB peut exercer ses compétences sur la totalité d'un bassin sans que la totalité des collectivités adhèrent à cet EPTB. Effectivement, un EPAGE est un syndicat mixte de maîtrise

d'ouvrage exerçant l'ensemble des missions GEMAPI à une échelle correspondant à une unité hydrographique, d'un seul tenant et sans enclave.

Épicentre (d'un séisme) : On distingue l'épicentre instrumental qui est le point de la surface du globe situé à la verticale du foyer d'un séisme et l'épicentre macrosismique qui est le centre de la zone où les dégâts observés sont les plus importants.

Embâcle : Accumulation de matériaux apportés par l'eau : branches, bois, plantes, feuilles, cailloux, sables, sédiments...

Enjeu : Personnes, biens ou environnement susceptibles de subir des dommages et des préjudices.

Estran : Portion du littoral comprise entre les plus hautes et les plus basses mers

Étiage : En hydrologie, c'est le débit minimal d'un cours d'eau.

ETPPR : Études et travaux imposés par un PPR. Ce sont les études et travaux définis et rendus obligatoires pour la réduction de la vulnérabilité dans le cadre d'un PPR. Ils sont finançables par le Fonds Barnier (mesure n°7 du Guide de mobilisation du FPRNM de mars 2019).

Faïlle : Fracture de l'écorce terrestre, provoquée par un glissement relatif des parties séparées, dont les bords sont appelés "lèvre".

Faïlle active : Faïlle sur laquelle un glissement s'est produit à une période géologique récente et dont on présume qu'elle peut engendrer un séisme futur.

Flot : Marée montante

Fluage : Déformation des matériaux soumis à une contrainte.

FPRNM : Fonds de prévention des risques naturels majeurs, dits Fonds Barnier

Fonds de concours : fonds versés par des personnes physiques ou moral, de droit public ou privé, afin de contribuer à des dépenses d'intérêt public. Les versements aux budgets de l'Union européenne ou aux collectivités territoriales en font partie.

Foyer (d'un séisme) : Lieu de l'écorce terrestre où est amorcée la rupture des roches qui est à l'origine du tremblement de terre. Il est également appelé "hypocentre".

Fréquence d'oscillation : Nombre de cycles d'oscillation par seconde (unité : hertz = 1 cycle/seconde).

GEMAPI : Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations.

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

GIZC : Gestion intégrée des zones côtières.

Inondation : Submersion temporaire par l'eau de terres émergées, quelle qu'en soit l'origine (L.566-1 CE).

Isolateur parasismique : Dispositif d'appuis placé entre une structure et ses fondations pour réduire l'amplitude des oscillations sismiques qu'elle subit. Elle est donc partiellement isolée des secousses du sol.

Isostatique (structure) : Structure ne possédant que les appuis et les liaisons strictement nécessaires à sa stabilité.

Joint parasismique : Joint de fractionnement d'un bâtiment en blocs de forme simple. Il doit avoir une largeur suffisante pour prévenir l'entrechoquement des blocs (minimum 4cm ou 6 cm selon les zones) et être vide de tout matériau. En zone sismique, les joints de dilatation et de tassement doivent être traités en tant que joints parasismiques.

Jusant : Marée descendante

Lave torrentielle : Phénomène spécifique de torrents engendré par des pluies fortes sur des pentes fortes, qui consiste en la formation d'un mélange d'eau et de matériaux solides dont la concentration peut atteindre 80% en volume. Le front d'écoulement peut avoir une hauteur de plusieurs mètres.

Limite d'élasticité : Intensité de la contrainte à laquelle se produit la rupture des matériaux fragiles ou au-delà de laquelle apparaissent des déformations irréversibles des matériaux ductiles (non fragiles).

Liquéfaction du sol : Transformation momentanée, par un séisme, de sols fins saturés d'eau en un fluide dense sans aucune capacité portante. Les constructions qui y sont fondées s'enfoncent alors dans le sol ou basculent. La susceptibilité de liquéfaction peut être déterminée facilement *in situ* par des essais SPT (test de pénétration standard) ou au pénétromètre statique. Le recours à un géotechnicien spécialisé est nécessaire.

Lit mineur : Espace recouvert par les eaux coulant à pleins bords avec débordement. C'est la zone où les eaux s'écoulent en temps normal, correspondant généralement à la crue annuelle (R.214-1 CE).

Lit majeur : Unité hydrogéomorphologique de la plaine alluviale. Il a été façonné par le cours de son histoire et se caractérise par sa topographie et sa sédimentologie. Il s'étend jusqu'aux pieds de versants ou de terrasses. Le lit majeur correspond ainsi à l'enveloppe maximale de la plaine alluviale occupée par les crues d'un cours d'eau (R.214-1 CE).

"Loi sur l'eau" (Dossier) : Tout projet ayant un impact sur le milieu aquatique (cours d'eau, lac, eaux souterraines, zones inondables, zones humides...) doit se soumettre à l'application de la Loi sur l'eau à travers un dossier de Déclaration ou d'Autorisation.

Magnitude d'un séisme : Mesure de la puissance du séisme considéré à son foyer. Elle est généralement déterminée à partir de l'amplitude des secousses du sol et augmente avec l'étendue de la rupture de la faille qui a déclenché le séisme. Dans les médias, elle est en général appelée "degré sur l'échelle de Richter".

Mitigation : La mitigation est la mise en œuvre de mesures destinées à réduire les dommages associés à des risques naturels ou générés par les activités humaines (on parle de risques anthropiques).

MRN : Mission des risques naturels

MTECT : Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires.

Mytiliculture : Élevage de moules.

NGF : Nivellement Général de France. Il s'agit de l'altimétrie exprimée par rapport à un niveau zéro de référence : celui du marégraphe de Marseille. Les cotes des PPRI et PPRL sont des cotes NGF.

Nœud d'ossature : Intersection de poteaux et de poutres.

Noüe : Fossé peu profond et large qui permet la rétention, l'infiltration, le stockage et l'écoulement des eaux pluviales.

ORSEC : Organisation de la réponse de sécurité civile

PAPI : Programme d'action de prévention contre les inondations

Parti architectural : Composition d'ensemble d'un ou de plusieurs bâtiments, choisie parmi différentes possibilités aptes à répondre au programme (préférences architecturales, données du site, contraintes réglementaires, exigences financières, délais).

Parti constructif : Type de structure choisi entre les différents systèmes constructifs possibles pour réaliser le projet.

PCS : Plan communal de sauvegarde.

PDM : Programme de mesures.

Période propre d'oscillation (d'un bâtiment) : Période à laquelle un bâtiment oscille librement dès l'arrêt des oscillations forcées et jusqu'à l'amortissement complet du mouvement. Elle est estimée pour chaque type de structure en fonction de ses caractéristiques mécaniques et géométriques. Les structures dites "rigides" ont des périodes propres très courtes (de l'ordre de 0,1 à 0,3 seconde). Les structures dites "flexibles" ont des périodes plus longues (pouvant aller jusqu'à plusieurs secondes). La période propre d'un bâtiment est une notion importante en conception parasismique, car si elle est proche ou identique à celle du sol d'assise, le bâtiment entre en résonance avec ce dernier, ce qui peut lui être fatal. La période propre des constructions doit donc être très différente de celle du sol.

PGRI : Plan de gestion du risque d'inondation.

PHEC : Plus Hautes Eaux Connues

Plastique (déformation) : Déformation irréversible des éléments constructifs réalisés en matériaux ductiles. Ce type de déformation se produit au-delà de la limite d'élasticité et peut donner lieu à une importante dissipation d'énergie, donc à une diminution de l'amplitude des oscillations.

Point de rosée : Lieu et température à laquelle la vapeur d'eau se transforme en eau liquide

Portique ou cadre rigide : Structure composée de poteaux et de poutres rigidement liés ensemble. L'angle qu'ils forment est donc conservé même lorsqu'ils sont déformés sous l'action de charges. Par opposition, les poteaux et les poutres articulés, à angles variables, forment des cadres non rigides. Les portiques peuvent être simples (à une travée), multiples (à plusieurs travées), à étages ou multiples étages. Ils constituent des éléments de contreventement vertical des bâtiments.

PPA : Le projet partenarial d'aménagement est un contrat entre l'État, l'intercommunalité et les acteurs locaux publics et/ou privés afin d'encourager, sur un territoire donné, la réalisation d'une ou plusieurs opérations d'aménagement complexes destinées à répondre aux objectifs de développement durable des territoires.

PPR : plan de prévention des risques. Le site www.georisques.gouv.fr permet d'identifier si une commune en est couverte.

PPRI : Plan de prévention des risques d'inondation, **PPRL :** Plan de prévention des risques littoraux, **PPRm :** Plan de prévention multi-risques, **PPRM :** Plan de prévention des risques miniers, **PPRMT :** Plan de prévention des risques de mouvements de terrain, **PPRT :** Plan de prévention des risques technologiques.

Prévention : Ensemble des actions destinées à fournir une protection permanente contre les catastrophes. Comprend les mesures pratiques de protection "physique" et relevant de l'ingénierie, et les mesures législatives contrôlant l'aménagement du territoire et la planification urbaine.

Prévision : État ou estimation statistique de l'occurrence d'un événement futur. Le sens de ce terme varie selon son emploi dans différentes ces disciplines, de même que celui de "prédiction".

PTGE : Projet de territoire pour la gestion de l'eau.

Ralentissement dynamique des crues : Le principe de ralentissement dynamique des crues consiste à retenir une partie des eaux de crue sur le bassin versant en amont des secteurs inondables sensibles. Cela revient à accentuer le phénomène naturel de "laminage de la crue" : lorsque le cours d'eau déborde par-dessus ses berges, les écoulements sont alors ralentis par les obstacles et les frottements en lit majeur (topographie, végétation, ouvrage anthropiques). L'atténuation du pic de crue et son étalement dans le temps (on parle aussi d'"écrêtement de crue") ont pour principal effet de diminuer les hauteurs d'eau maximales en aval.

RCSC : Réserve communale de sécurité civile

Résonance (d'un bâtiment avec le sol) : Oscillation en phase d'un bâtiment et de son sol d'assise. Elle a pour conséquence une augmentation rapide de l'amplitude des oscillations. C'est un des phénomènes les plus destructeurs lors d'un tremblement de terre.

Résilience : Capacité d'un système, d'une communauté ou d'une société exposé(e) à des dangers de résister, d'absorber, de s'adapter et de se remettre des effets d'un danger en temps opportun et d'une manière efficace, en préservant et restaurant notamment ses structures et fonctions essentielles de base à travers la gestion du risque (définition proposée par les Nations Unies). Cette large définition renvoie à un ensemble de mesures qui sont à la fois techniques, organisationnelles et d'ordre social.

Ressuyage : Évacuation de l'eau après inondation. Exemples de dispositifs de ressuyage : vannes de vidange, stations de pompage...

Risque : Aléa x vulnérabilité. Un **risque majeur** correspond à la possibilité qu'un événement d'origine naturelle ou anthropique, dont les effets peuvent mettre en jeu un grand nombre de personnes, occasionne des dommages importants et dépassent les capacités de réaction de la

société. **Les risques naturels** correspondent à l'ensemble des menaces que certains phénomènes et aléas naturels font peser sur des populations, des ouvrages et des équipements. Les **risques technologiques** sont liés à l'action humaine et plus précisément à la manipulation, au transport ou au stockage de substances dangereuses pour la santé et l'environnement. Un **risque anthropique** est un accident lié à une activité humaine.

RVPAPI : Réduction de la vulnérabilité dans le cadre d'un PAPI. Ce sont les mesures (études et travaux) prévues pour la réduction de la vulnérabilité dans le cadre d'un PAPI. Elles sont finançables par le Fonds Barnier (mesure n°8 du Guide de la mobilisation du FPRNM de mars 2019).

SAGE : Schéma d'aménagement et de gestion des eaux

Schorre : Partie haute d'un marais littoral, constituée de vase solide, couverte d'herbe et submergée aux grandes marées.

Seiche : Oscillation de l'ensemble du volume d'eau d'un réservoir naturel (lac, étang) ou artificiel.

SLGRI : Stratégie locale de gestion du risque d'inondation. Les SLGRI sont la déclinaison au niveau local du Plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) au niveau bassin hydrographique, qui lui-même décline la Stratégie nationale de gestion des risques d'inondation (SNGRI) au niveau national. Les SLGRI concernent les territoires à risque important d'inondation (TRI).

SNGRI : Stratégie nationale de gestion du risque d'inondation. Le principe de solidarité amont-aval est l'un des principes directeurs de la SNGRI. Il repose sur le constat que l'écoulement des eaux en amont d'un bassin impacte négativement l'aval. En conséquence, il vise à répartir équitablement les responsabilités et l'effort de réduction des conséquences négatives des inondations entre tous les territoires et tous les acteurs concernés.

Soutien d'étiage : Consiste à restituer dans les rivières l'eau stockée dans les lacs-réservoirs pendant la saison hivernale

Surcote (phénomène de) : Différence entre la hauteur d'eau réelle de la mer et la marée astronomique prévue. La surcote associée à une tempête peut largement dépasser 1 m. Plusieurs effets se combinent : une baisse de la pression atmosphérique (une baisse de pression de 1 hPa entraîne une hausse du niveau de la mer de 1 cm) et un effet du vent qui accumule de l'eau à la côte.

Transparence hydraulique : fait de ne pas faire obstacle au libre écoulement des eaux

TRI : Territoire à risque important d'inondation

Vulnérabilité : Degré de perte ou d'endommagement d'un élément donné exposé au risque (ou d'un ensemble d'éléments), résultat de l'occurrence d'un phénomène naturel de magnitude donnée et s'exprimant sur une échelle de 0 (absence de dommages) à 1 (perte totale). La vulnérabilité d'une construction vis-à-vis du risque sismique représente la perte (en %) exprimant le rapport du coût des dommages subis à la valeur de la construction. Elle dépend de l'intensité locale de la secousse subie.

ZEC : Zone d'expansion des crues. C'est une zone peu ou pas urbanisée, située dans le lit majeur d'un cours d'eau, qui subit des inondations naturelles.

ZNEC : Zone naturelle d'expansion des crues

Zone humide : Zone constituée de terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau, douce, salée ou saumâtre, de façon permanente ou temporaire. La végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hydrophiles pendant au moins une partie de l'année.

Zone refuge : Espace dont le plancher est situé au-dessus de la cote de référence. Il doit posséder un accès direct de l'extérieur pour permettre l'évacuation des occupants, même dans des conditions défavorables, et avoir une liaison intérieure directe avec le niveau bas de la construction.

ZRTE : Zone de rétention temporaire des eaux. C'est une zone aménagée permettant d'accroître artificiellement la capacité de stockage des eaux de crues ou de ruissellement, afin de réduire les crues ou les ruissellements dans les secteurs situés en aval (L.211-12 CE).

Bibliographie

GÉNÉRALITÉS

OUVRAGES

- DAUPHINE André, PROVITOLLO Damienne. Risques et catastrophes : observer, spatialiser, comprendre, gérer. – Ed. Armand Colin, 2013, 411 p.
- DINIZ Ines, THOURET Thierry, CANS Chantal, BILLET Philippe. Traité de droit des risques naturels. – Ed. le Moniteur, 2014
- Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique. Les événements météorologiques extrêmes dans un contexte de changement climatique : rapport au premier Ministre et au Parlement. • La Documentation française, 2019, 199 p.

ARTICLES

- 50 questions sur la prévention des risques naturels et technologiques. Courrier des maires et des élus locaux, septembre 2017, n° 315

RISQUES D'INONDATION

OUVRAGES

- CAUE14. Colloque “Transition écologique dans le Calvados : l'eau au cœur d'un territoire résilient”, 2021, 136 p. (disponible au CAUE14)
- CAUE14. Appel à idées “2040 on se jette à l'eau ! De Deauville à Pont-l'Évêque, l'eau au cœur d'un territoire résilient”, (disponible au CAUE14)
- CAUSSANEL Justine, CHASTANET Camille, PECQUET-CAUMEIL Félicien. Adapter le littoral du Prêcheur au défi du changement climatique. – ENSA Marne-la-Vallée, 2016, 335 p.
- CEPRI. Le bâtiment face à l'inondation : diagnostiquer et réduire sa vulnérabilité. Guide méthodologique, 2010, 56 p.
- CSTB. Guide d'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments vis-à-vis de l'inondation, 2005, 37 p.
- CSTB. Guide de remise en état des bâtiments post-inondations, 2002, 28 p.
- HEINZLEF Charlotte. Recettes de résilience urbaine : faire face aux inondations. – Ed. Universitaires d'Avignon, 2019, 99 p. (disponible au CAUE14)
- MORISSEAU Grégory, Thèse “Mer combattue, mer acceptée : un projet de paysages et ses problématiques, Bas-Champs (Picardie, France) et Camargue (PACA, France)”, Université Paris-Sorbonne, 8 février 2013, 460 p.
- (Ré)-aménager la ville inondable : concours national d'idées AMITER.
- PUCA, 2022, 311 p. (disponible au CAUE14)
- SCARWELL Helga-Jane, SCHMITT Guillaume, SALVADOR Pierre-Gil. Urbanisme et inondation : outils de réconciliation et valorisation. – Ed. Presses universitaires du Septentrion, 2014, 366 p. (disponible au CAUE14)
- TERRIN Jean-Jacques. Villes inondables : prévention, adaptation, résilience. – Ed. Parenthèses, 2014, 279 p. (disponible au CAUE14)
- VALETTE J.-P. Loire - Blois - Reconquête du bras de décharge du déversoir de “La Bouillie”, Symposium européen, Paris - Orléans, mars 2012, 6 p.
- Inondations, mouvements de terrains : comment bénéficier de subventions pour des actions de prévention ? Préfet de la Région Normandie

REVUES ET ARTICLES

- La responsabilité persistante du maire face aux inondations. Courrier des maires et des élus locaux, juillet 2019, n° 335-336
- Dossier. Face au risque d'inondation : s'adapter et innover. Traits urbains, février 2019, n° 101, pp. 18-29

- De l'inondation au projet de territoire. Techni Cités, décembre 2018, pp. 19-24
- ORIOT Xavier. Submersion marine : pourquoi cette station balnéaire normande a ouvert sa digue ? Ouest France, 23 janvier 2023

RISQUE RADON

- ASN. Plan national d'action 2020-2024 pour la gestion du risque lié au radon, 2020, 33 p.
- CAMARA Berliat, PERRIERE Lucile., Radon : gérer le risque pour la construction et la rénovation de logements. – Association Qualitel, 2020, 56 p.
- CSTB. Le radon dans les bâtiments : guide pour la remédiation dans les constructions existantes et la prévention dans les constructions neuves, 2009, 164 p.
- IRSN. Le radon, 8 p., 2021

RISQUE SISMIQUE

OUVRAGES

- Association française du génie parasismique. Guide de la conception parasismique des bâtiments. – Eyrolles, 2003, 158 p.
- BILLARD Alain. Risque sismique et patrimoine bâti : comment réduire la vulnérabilité : savoirs et savoir-faire. – Ed. Eyrolles, 2014, 364 p.
- Eurocode 8. Conception et dimensionnement des structures pour leur résistance aux séismes
- ZACEK Milan. Construire parasismique : risque sismique, conception parasismique des bâtiments, réglementation. – Ed. Parenthèses, 1996, 342 p.
- Agence Qualité Construction, Prendre en compte le risque sismique pour les bâtiments neufs
- BALANDIER Patricia, Sismologie appliquée à l'usage des architectes et ingénieurs, Collection Conception parasismique, Cahier 4, 2004
- ZACEK Milan, BALANDIER Patricia. Conception, vulnérabilité, urbanisme et sismologie. – Ed. Les grands ateliers de l'Isle d'Abeau, 2004
- Guide de la conception parasismique des bâtiments, Association française du génie parasismique, Eyrolles, 2004

RISQUES DE MOUVEMENT DE TERRAIN

- Le retrait-gonflement des argiles, Comment prévenir les désordres dans l'habitat individuel ?, Direction de la Prévention des pollutions et des risques - Sous-direction de la Prévention des risques majeurs, Version 4 du 06/08/07
- Collectif. Le retrait-gonflement des argiles : comment prévenir les désordres dans l'habitat individuel ? - Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, 2017, 32 p.

CALVADOS ET NORMANDIE

OUVRAGES

- Préfecture du Calvados. Dossier départemental sur les risques majeurs du Calvados, 2021, 124 p. (site Préfecture du Calvados)
- GIEC Normand. Systèmes côtiers : risques naturels et restauration des écosystèmes, 2020, 12 p.
- GIEC Normand. L'eau : disponibilité, qualité, risques naturels, 2020, 12 p.

Liens utiles

CARTOGRAPHIE ET ZONAGE

www.georisques.gouv.fr

www.brgm.fr

www.normandie.developpement-durable.gouv.fr

- Pour consulter les niveaux d'alerte :

www.meteofrance.com

ACCOMPAGNEMENT

- Le Centre Européen de Prévention des Risques d'Inondations (CEPRI), créé en 2006 à l'initiative des collectivités locales, propose un "appui technique et scientifique dans la prévention et la gestion du risque d'inondation en France et en Europe"

www.cepri.net

- Pour trouver un architecte habilité :

www.architectes.org

- Pour trouver des concepteurs spécialisés dans la prévention et la conception en zone à risque :

www.architectesdesrisquesmajeurs.com

AIDE AU DIAGNOSTIC

- L'Agence Nationale d'Amélioration de l'Habitat propose dans certains secteurs des diagnostics gratuits des logements soumis au risque :

www.anah.fr

- Référentiels de résilience du bâti aux aléas naturels, répertoire de la Mission Risques Naturels, édition juillet 2022

RISQUES DE MOUVEMENTS DE TERRAIN

- Plaquette "Construire sur sol argileux dans le Calvados" :

https://www.donnees.normandie.developpement-durable.gouv.fr/pdf_dreal/risques/construire%20sur%20sol%20argileux_14.pdf

- Informations sur le risque de mouvement de terrain :

[www.brgm.fr /](http://www.brgm.fr/)

[www.bvmt.net /](http://www.bvmt.net/)

[www.bdcavite.net /](http://www.bdcavite.net/)

<https://www.georisques.gouv.fr/consulter-les-dossiers-thematiques/retrait-gonflement-des-argiles>

RISQUE SISMIQUE

https://www.ecologie.gouv.fr/recherche?keys=seisme&sort_bef_combine=relevance_DESC

http://www.calvados.gouv.fr/IMG/pdf/plaquette_meddtl_dgaln_reglementation_parasismique_cle76992f-2.pdf

https://www.calvados.gouv.fr/contenu/telechargement/15831/128543/file/7_ddrm_calvados_seismes_bd.pdf

www.planseisme.fr

www.sisfrance.net

<https://renass.unistra.fr/fr/zones/>

RISQUES TECHNOLOGIQUES

<https://www.georisques.gouv.fr/risques/installations/donnees?page=1>

RISQUE RADON

<https://www.asn.fr/information/dossiers-pedagogiques/le-radon-et-les-professionnels/guides-sur-la-gestion-du-risque-du-radon/guide-collectivites-territoriales-la-gestion-du-risque-lie-au-radon>

<https://www.irsn.fr/savoir-comprendre>

<https://sante.gouv.fr/sante-et-environnement/batiments/article/qu-est-ce-que-le-radon>

<https://www.cstb.fr/centre-ressources/toutes-nos-ressources/radon-batiments>

Guide de recommandations pour la protection des bâtiments neufs et existants vis-à-vis du radon

RISQUES D'INONDATION

- Le Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (CEREMA) accompagne les collectivités territoriales dans la mise en œuvre de la compétence GEMAPI :

www.cerema.fr

- Dossier thématique du CAUE Aude 11 "Aménager le territoire en zone vulnérable" réalisé par le CAUE de l'Aude 11 :

<https://www.les-caue-occitanie.fr/dossier-thematique/amenager-le-territoire-en-zone-vulnérable>

- Fiche conseil "Conseils élémentaires à l'attention des acquéreurs de parcelles en zones inondables" réalisée par le CAUE du Loiret 45

https://www.caue45.fr/_pdf/fiches_conseils/construire_en_zones_inondables/Construire_en_zones_inondables.pdf

- Informations sur les risques d'inondations :

www.vigicrues.gouv.fr

<https://www.georisques.gouv.fr/donnees/bases-de-donnees/inondations-par-remontee-de-nappes>

- Guide d'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments vis-à-vis de l'inondation réalisé par le Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement :

<https://www.calvados.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Environnement.-risques-naturels-et-technologiques/Prevention-des-risques/Risques-naturels/Inondation/Vulnerabilite-des-batiments>

- Guide de remise en état des bâtiments post-inondations réalisé par le CSTB :

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/dgaln_inondations_guide_remise_en_etat110310.pdf

POUR ALLER PLUS LOIN...

Le FEDER

<https://www.europe-en-normandie.eu/fonds-europeen-de-developpement-regional-feder>

Le Fond Vert

<https://www.ecologie.gouv.fr/fonds-vert>

La loi Barnier

<https://www.georisques.gouv.fr/etre-accompagne/le-soutien-financier-du-fonds-barnier-0>

Le CAUE du Calvados

Le CAUE du Calvados est une association départementale créée en 1978 au service des élus et des habitants du Calvados. Entièrement gratuit et hors champ concurrentiel, il n'assure pas de mission de maîtrise d'œuvre mais assure des missions de conseil, d'accompagnement et de sensibilisation dans les domaines de l'architecture, de l'urbanisme et du paysage.

Le CAUE du Calvados vous invite à rencontrer gratuitement ses services architecture, urbanisme et paysage, selon votre problématique, pour répondre à vos premières interrogations et orienter vos démarches et prévenir au mieux les risques naturels.

- Diagnostic de site, questionnement éventuel de la demande initiale, aide à la compréhension des documents d'urbanisme, des interdictions et autorisations avec prescriptions des PPR, mise en évidence des contraintes techniques (hydrauliques, phytosanitaires, structurelles, géotechniques) ;
- Propositions stratégiques face aux risques (éviter / résister / céder), mise en place d'une réflexion de recomposition territoriale préventive ;
- Choix d'implantation, scénarios de faisabilité ;
- À l'issue de ce travail, le CAUE du Calvados peut vous accompagner dans la rédaction d'un cahier des charges intégrant la stratégie de résilience retenue afin de recruter une maîtrise d'œuvre détenant les compétences adaptées ou une assistance à maîtrise d'ouvrage afin d'affiner le programme lorsque la problématique le nécessite.

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Fabien TESSIER, Directeur

RÉDACTION

Céline CODERCH, Architecte HMONP, Chargée d'étude

COMITÉ TECHNIQUE

Audrey HUREL, Directrice adjointe, Urbaniste

Fanny COMPÈRE, Architecte DPLG, Chargée d'étude

Vanessa PLANCHENAU, Directrice administrative et financière

Hélène JANDRICEK, Documentaliste

ILLUSTRATIONS

Céline CODERCH, Architecte HMONP, Chargée d'étude

Steven MONGET, Étudiant en architecture

Juliette PINTO, Étudiante en paysage

CONCEPTION GRAPHIQUE

Véronique JOSSET-LE BARBENCHON, Infographiste

Les images figurant dans ce document ont été fournies par les concepteurs ou les maîtrises d'ouvrage et ne sont pas libres de droits.

Risques & Résilience dans le Calvados

De la stratégie à la conception



Membre du réseau



14
Calvados
c|a.u.e

Conseil d'architecture, d'urbanisme
et de l'environnement

28 rue Jean Eudes 14000 CAEN
02 31 15 59 60
contact@caue14.fr
www.caue14.fr

Octobre 2025

