EAU

# 3 Ces conceptions et techniques qui font du risque un atout

Face à la montée des eaux et aux inondations de plus en plus fréquentes, certains architectes imaginent des solutions constructives qui dépassent le simple cadre de l'habitat individuel. L'habitat flottant développé aux Pays-Bas peut être une source d'inspiration.

Selon les experts en climatologie, le niveau des océans devrait monter d'environ 0,90 m d'ici l'horizon 2100, entraînant la disparition de nombreuses îles et villes à travers le monde. Il y a donc urgence à traiter la question des inondations dans la construction. L'Hexagone est concerné par la problématique. Pour preuve, les ministères de l'Ecologie et du Logement tenaient en janvier un grand prix d'architecture sur le thème « Comment mieux bâtir en terrains inondables constructibles », dans le cadre de la Stratégie nationale de gestion des risques d'inondation présentée en juillet 2014. L'objectif de ce prix ? « Valoriser la résilience individuelle ou collective des constructions », autrement dit, mettre en œuvre des solutions pour mieux adapter la construction à ce type d'aléa.

Composer avec l'eau n'est pourtant pas nouveau : les constructions sur pilotis ou flottantes existent déjà, par exemple en Asie (Thaïlande, Vietnam, etc.) et aux Etats-Unis, où le quartier flottant de Sausalito à San Francisco, toujours en place, a été bâti dans les années 1960-1970. Un concept qui lorgue sur son également penchés certains architectes néerlandais.

## Pilotis

Sur le territoire français cependant, la problématique n'est pas tant de construire sur l'eau que de mettre hors de portée de l'eau le bâti des zones présentant un risque d'aléa (inondation à bâtiel), puisqu'on permis de construire n'est délivré dans les zones rouges définies par les plans de prévention des risques d'inondation (PPRI). De ce fait, la principale solution développée est la construction sur pilotis ; laquelle préserve en outre un volume dans le cas d'un terrain meuble ou pentu. En cas de crue, cette surélévation – en jouchant le niveau habitable sinon tement au-dessus de la cote des plus

A Sur la rive du lac du Bourget (Savoie), ces bâtiments flottants construits par l'architecte Jean-Luc Patriarche forment un complexe lacustre implanté en zone inondable.

B Pour rendre le bâtiment amphibie, la solution Bastilis consiste à couler le bâtiment dans un bassin creusé directement sur ces flotteurs, composés de blocs de polystyrène expansé assemblés puis enveloppés dans une peau de protection en béton Fondamax.

Doc. Parthenia & Co / Bastilis

**Dix recommandations (*)**

1. Rupture de capillarité (sont blanchis au-dessus des PHEC pour des constructions neuves)
2. Enduit à la chaux grasse sur les murs extérieurs
3. Maçonnerie de clôtures réalisée totalement neuve ou partiellement en ancien
4. Isolants retirant totalement l'eau, tant pour les planchers que les murs et les plafonds
5. Menuiseries qui ne subissent aucune modification lors d'une immersion prolongée
6. Portes extérieures sans seuil ou avec des seuils bas plus basses possibles
7. Huisseries supportant une immersion prolongée (pour mémoire les parties ouvertes (portes/volets) ne le subissent pas)
8. Volets rétractables à l'eau uniquement dans la mesure où ces parties sont au-dessous de la cote des plus hautes eaux
9. Plafond : crossette métallique pour supporter les plaques de plâtre (plus que des lattes/eau)
10. Attaches de la charpente sur gros œuvre réalisée à un effort d'intransmettre d'ensemble par le courant

(*) Extraits de fiches techniques rédigées par la direction régionale de l'environnement Centre, le Cerema, la ville d'Orléans et l'agglomération d'Orléans Val de Loire. Disponible sur www.agglo-orleans.fr

hautes eaux connues (PHEC) – facilitera une meilleure circulation des occupants. L'architecte Jean-Luc Patriarche avait revisité ce principe construit il y a quelques années dans le parc technologique de Savoie Technolac (*voir la photo page précédente*), en mettant au point le concept House Boat : des unités de bureaux légères, à ossature métallique, supportées par des filles de poteaux reposant sur des semelles en béton, sont implantées sur un terrain de 15 000 m² à faible pression, en zone inondable (niveau moyen). Une « pirate » centrale formant quai, alignée sur la hauteur du niveau habitable, rend les différents bâtiments accessibles de plain-pied au moyen d'une passerelle.

## Plateforme amphibie

Une autre possibilité consiste à construire sur une plateforme amphibie : c'est la solution Bastilis, inventée en 2001 par l'ingénieur Frédéric de Chérance. Le système est susceptible de s'adapter à diverses topologies, même si les applications ne limitent, pour l'heure, à l'habitat individuel et au tertiaire. Corps pour être développé pour des zones inondables à risque fort – en dépit du cadre réglementaire français qui l'interdit –, il consiste en un principe simplifiant le structure du bâtiment sur une dalle en béton armé coulée sur un assemblage de caissons en polystyrène expansé. Ce socle, compatible avec tout type de terrain (y compris à faible portance) a la capacité de flotter en cas de montée des eaux. Le système prévoit également des colonnes de guidage fichées dans des semelles en béton armé, afin d'empêcher la dérive du bâtiment pendant l'épisode de crue. Avec seulement trois réalisations sur le territoire dans des zones à moyen ou faible risque d'aléa, le créateur de Bastilis déplore les restrictions en vigueur, mais continue de perfectionner (***)

**QUESTIONS A** **Marielle Chenesseau**, chef du service « Risques majeurs » à la communauté d'agglomération Orléans Val de Loire et à la ville d'Orléans

## « Choisir entre un matériau facilement remplaçable et un matériau résistant »

**Peut-on empêcher les inondations ?**

Dans une certaine mesure seulement. Mais un jour arrive où la crue est trop forte et dépasse les dispositifs de protection comme les digues. Il vaut donc mieux préféré du quoi en réduire les conséquences et faciliter le retour des habitants chez eux. C'est le sens d'une conception adaptée des bâtiments.

**Comment cela se traduit-il ?**

Pour un bâtiment neuf, les solutions techniques existent : coulage des fondations, réhausse des niveaux, pose de cuvettes des réseaux – eau, électricité, gaz – positionnés au-dessus du niveau des plus hautes eaux connues (PHEC), conception des réseaux en mode descendant plutôt qu'ascendant, ouvertures extérieures au-dessus, etc. L'adoption de ces principes dépend essentiellement du surcoût qu'ils génèrent, envisageable pour un immeuble de logement collectif, mais pas pour une maison individuelle.

**Des préconisations sont-elles mises en place dans le nouveau plan de prévention du risque d'inondation (PPRI) de l'Orléanais ?**

Depuis le nouveau plan de prévention des risques d'inondation (PPRI) de l'Orléanais, il faut prouver le caractère résilient du bâtiment, c'est-à-dire sa capacité à supporter l'inondation, pour obtenir un permis de construire. Il est désormais obligatoire de construire un étage au-dessus des PHEC, pour disposer d'une zone hors d'eau. Cela va dans le bon sens donc. Mais en l'absence d'obligation, les maîtres d'œuvre et les artisans ne proposent pas ces solutions, sinon ils se retrouvent bien au-dessus des prix du marché. De façon générale, la mémoire des crues de la Loire s'est perdue. Nos références de PHEC datent des crues de 1846, 1866 et 1866. Il n'y a pas eu d'événement du même ordre depuis 150 ans. Les habitudes de conception se sont donc perdues. Des hôpitaux et des maisons de retraite sont construits en zone inondable. Il faut pourtant avoir en tête qu'en cas de crue deux centenaire de la Loire, la France serait coupée en deux, de Nevers à Angers. Aucun pont ne serait plus praticable.

**Une crue peut-elle durer longtemps ?**

On peut considérer qu'il existe deux typologies : l'inondation due à des orages et au ruissellement, comme dans le Var ou le Gard, qui peut être très violente mais dure très peu de temps ; l'inondation de rivière ou de fleuve, comme c'est le cas dans notre région, et qui, elle, peut durer plus d'une semaine. Lévacuation de la population est alors une nécessité. Les bâtiments doivent être aptes à supporter une immersion prolongée et permettre un retour aussi rapide que possible des habitants.

**Quels sont les principes à appliquer ?**

Nous avons vu la nécessité d'une zone hors d'eau. Une construction sur vide sanitaire peut présenter un avantage, à condition que celui-ci soit, entre autres, ventilé et accessible. Autre point, le choix des matériaux. Il faudra généralement choisir entre un matériau endommageable mais facilement remplaçable, une moquette par exemple, ou un matériau résistant mais plus long à sécher. Ceux qui curmulent des handicaps sont évidemment à proscrire.

*Propos recueillis par Antoine Hudin*

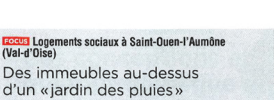




FOCUS **Logements sociaux à Saint-Ouen-l'Aumône (Val-d'Oise)**

## Des immeubles au-dessus d'un « jardin des pluies »

**Coupe transversale du site**




**Cote NGF des plus hautes eaux connues (PHEC)**

1. Toiture végétalisée. 2. Coupe des halls B. 3. Noue de rétention (23,04 NGF). 4. Pied-de-chaussée (25,70 NGF). 5. Coupe des halls A (parking (22,98 NGF). 6. Talus boulevard Daucher

En 2011, l'agence Bauhaus, Le Gérec & Associés a livré à Saint-Ouen-l'Aumône (Val-d'Oise), pour le compte d'Emmaüs Habitat, 50 logements sociaux. Particularité du programme, la parcelle, située à quelque 2 500 m en amont du niveau des terrains voisins, est inondable. « Cette crevette devait pouvoir former bassin de rétention en cas de crue, raisonne pour bouquette la construction ne devait pas entraver la circulation de l'eau », explique l'architecte Ivan Le Gérec. Pour contourner cette difficulté, les différents volumes de l'opération ont été élevés sur des pilotis (fondations sur pieux), et la toiture associée, recouverte en jardin semi-aquatique. Cette réponse constructive a permis de porter le terrain au niveau réglementaire par rapport au plan de prévention des risques d'inondation (PPRI) en outre, une partie de l'espace a pu être utilisée pour l'aménagement d'un parking. Ainsi, les espaces habitables de ces logements collectifs se situant au-dessus du niveau des plus hautes eaux connues (PHEC). Les halls bâtiments déployés en R+4 de cet ensemble sont répartis en deux fronts parallèles reliés par des passerelles qui surplombent le jardin. Sur ce sol(-s) il n'est pas accessible aux résidents, toutes les circulations (courrivies, escaliers) sont entièrement en matériau à en optimiser la viabilité. « A l'origine délicieux, le terrain a été travaillé pour absorber naturellement l'humidité, détaille la paysagiste Laurence Jouhaud. Il comprend une noue plantée dont les surfaces creuses ont été dimensionnées en fonction des quantités d'eau à collecter en cas de pluies d'orage, additionnées à celles des crues éventuellement concomitantes. Dans l'hypothèse d'un orage décennal, il faudrait environ deux jours pour vider le jardin. Quant à la végétation, elle est adaptée à une inondation temporaire et irrégulière. » Des parties périphériques ont été préleves pour habiter les clôtures des jardinys sous les pilotis – de sorteles grilles facilitant les écoulements. Cette opération démontre que la construction en zone inondable est techniquement et architecturalement possible, dès lors que l'on envisage la faiblesse d'un terrain comme un atout.

Tous les bâtiments de l'opération, jusqu'à ce jour, sont restés sur des passerelles qui empêchent, à environ 1,60 m de sol, un jardin dont la composition paysagère est adaptée aux inondations temporaires.

(***) son concept, dans l'attente d'une éventuelle développementation.

En complément de la construction amphibie ou sur pilotis, les modèles de bâtiments flottants néerlandais peuvent offrir aux architectes et urbanistes des pistes éprouvées.

## Maison immergée ou « portion »

Un quart du territoire néerlandais se situe en dessous du niveau de la mer et, avec une densité de population parmi les plus fortes au monde, le manque de terrains constructibles génère une crise sévère du logement. L'habitat sur l'eau représente sinsi un vrai défi pour les années à venir. Le principe de base de la maison flottante se résume à ce que celle-ci « de plain-pied ou dotée d'un ou deux étages – doit être « lourde à la base et légère au sommet ». Pour le support de l'installation, deux cas de figure se présentent. Soit l'ouvrage intègre une partie basse immergée et l'habitée qui constitue une cuve et peut être réalisée en béton, acier ou PVC ; la stabilité couvre-cabinet alors grâce à un système d'ancrage pouvoir de pieux fixés au droit de la coupe de la maison et plantés dans le sol (sieu). Soit il s'agit d'une « maison-pontoon », dont l'habitacle repose sur un pontoon confectionné en béton, acier, aluminium, ou bois. Celui-ci peut être arrimé de diverses façons. En eau profonde, le recours à des câbles, pouvoir d'ancrages (ou amarres) souples, fixés sur les rébds du pontoon et ancrés dans le fond marin au moyen de quelque pieux en béton apparaît le mieux adapté. En revanche, lorsque la profondeur de l'eau est faible et si sol assez ferme, les pieux de mouillage, fixés dans le sol et faisoirvés à la plateforme, paraissent plus appropriés, surtout dans des zones soumises à de grandes marées et au niveau d'eau variable. Quant à la superstructure flottante qui repose sur le socle, elle est constituée d'une structure préfabriquée en acier, etou en bois, l'intérieur étant livré in situ par voie maritime, à l'aide de remorqueurs. Lorchitecte Koen Olthuis, spécialisé dans les projets de flottantes flottants au sein de son agence Waterstudio, a réalisé sur ces éléments principes plusieurs maisons individuelles aux Pays-Bas. Ces habitations flottantes peuvent d'abriter des groupées, comme c'est le cas à Floriade, un éco-village (*livre le focus ci-contre*).

*Carol Mallard et Fédicia Gaspin*

**A** Reposant sur un socle creux de 1,20 m de haut et 25 cm d'épaisseur, la villa De Hoef est entièrement de bois sur pilotis.

**B** Cité-flexus, la villa Kortenhoef, construite et transportée, flotte et se fond dans le verdure environnante.

FOCUS **Villas De Hoef et Kortenhoef (Pays-Bas)**

## Ossature préfabriquée et légère

La villa De Hoef, du nom du village où elle se situe, s'élève sur deux niveaux. Reposant sur un socle creux de 1,20 m de haut et 25 cm d'épaisseur, l'ouvrage est entouré de tonne sur trois côtés. Le volume vitré abrite, au rez-de-chaussée, un séjour traversant et une cuisine, suivés côté ferme sur un jardin ; de l'autre, sur la voie maritime. Bâti avec des pauches standard en béton, le plancher en monotonne logé la partie nuit (chambres, salle de bains, etc.), les toilles vitrées étant protégées du soleil par des volets coulissants à lames en bois flexe. Le bâtiment a été construit avec une ossature préfabriquée constituée de poteaux en profilés d'acier et de poutres en bois (pièce habitable en sous en lagoule. Le toit étant orthé en bois, horizontal, le vide sanitaire en bord d'un lac, offre un volume ployé en long (5 x 17 m), muni d'un seul niveau démuni (2,70 m de haut), qui réalise des hauteurs réglementaires sur ce site. L'architecte Koen Olthuis a décidé « d'utiliser la profondeur disponible et de créer un plancher sous le niveau de l'eau ». Réalisé avec une « radier » en béton de 2,30 m de haut, ce sous-sol loge une chambre, une salle de bains, un bureau, des rangements et un local technique. Pour assurer une partie de ce niveau immergé, le plancher situé sous la bibliothèque du séjour est vitré, alors que la chambre du rez-de-chaussée est munie d'une trappe allant jusqu'au plafond. Seulement la salle de bains en sous-sol. Le rez-de-chaussée abrite une cage d'escalier, des sanitaires, le séjour et la cuisine qui donnent sur une empla terrasse se prolongeant par un espace vert.

FOCUS **55 logements « Waterwoningen » à Ijburg (Pays-Bas)**

## Une cité lacustre modulaire

Doc. Waterstudio

Les façades vitrées des maisons groupées forment un ensemble n'obtiè coloré et ouvert sur l'eau.

L'architecte néerlandais Marlen Richter a conçu, en 2011, une opération de 188 logements, dont 55 sont des maisons flottantes groupées (10625 m²), à Ijburg, au sud-est d'Amsterdam. Le reste du district comporte quatre îles artificielles accueillant 35000 habitants, avec que des commerces, des équipements et des restaurants. Prétatrizque dans les ateliers du chantier naval d'Ijlk, à 75 km de la côté, chaque module de base, de 4,50 m de large, 10,50 de long et 8,30 m de haut, comporte trois étages, dont le rez-de-chaussée, surélevé. Sachant que plusieurs prototypes grandeur nature ont été montés en atelier, puis testés dans un bassin, avant d'être acheminés in situ par voie maritime. De 1,50 m de haut, le support de chaque habitation est constitué de deux poutres en béton coulé mises en place créant un espace habitable souvent utilisé comme chambre(s) d'enfants et salle de jeu. Du socle reposent deux étages et demi de superstructure légère bâtie avec une fine ossature à poteaux standard en acier et des cloisons en panneaux de bois juxtaposés. Les toitures plantées sont dotées de menuiseries en acier habitées de PVC montrerant des vitrages, alors que celles latérales, opaques, sont revêtues d'un bardage composé d'aspect bois ébrulé. Arrivé à un pôle d'amarrage, chaque bâtiment est stabilisé par deux pieux métalliques qui, fixés par boulonnage sur les deux faces latérales de la cuve, sont enfoncés dans le sol marin. Lorsque la maison suivre est prête, elle vient faire le « tour » des pieux correspondants, puis amarrée à quai. Chaque maison en bâtiée peut être groupée et assemblée en deux, trois ou quatre unités, déterminée par un jeu de portions, de passerelles et d'escaliers en bois. Si le premier étage abrite des chambres, les salles de bain et une cuisine, le dernier niveau loge le séjour prolongé par une terrasse généreuse.