

LES SYNTHÈSES TECHNIQUES DE L'OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU

Adaptation technique des villes méditerranéennes au risque inondation en contexte de changement climatique

SAVENIER Quentin

Janvier 2015



*Office
International
de l'Eau*

En partenariat avec des organismes d'enseignement supérieur, l'OIEau propose des états de l'art synthétiques sur différents sujets liés à l'eau. Ces synthèses sont rédigées par des élèves dans le cadre de leur cursus de formation.

Cette synthèse documentaire « **Adaptation technique des villes méditerranéennes au risque inondation en contexte de changement climatique** » a été effectuée par **Quentin Savenier**, élève post-master (bac+6/7) d'AgroParisTech-ENGREF en voie d'approfondissement et mastère spécialisé « Gestion de l'eau » à Montpellier.

Le contenu de ce document n'engage la responsabilité que de son auteur, il ne reflète pas nécessairement les opinions ou la politique de l'OIEau.

Toute utilisation, diffusion, citation ou reproduction, en totalité ou en partie, de ce document ne peut se faire sans la mention expresse du rédacteur, de l'Etablissement d'origine et de l'OIEau.

SYNTHESE TECHNIQUE

**Adaptation technique des villes méditerranéennes au
risque inondation en contexte de changement climatique**

SAVENIER Quentin
quentin.savenier@agroparistech.fr

Janvier 2015

GLOSSAIRE

CEPRI: Centre Européen de Prévention du Risque d'Inondation

CMI: Center for Mediterranean Integration

DI: Directive Inondation

EPRI: Evaluation Préliminaire des Risques Inondation

GFDRR: Global Facilities for Disaster Reduction and Recovery

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

PGRI: Plan de Gestion des Risques d'Inondation

SNGRI: Stratégie Nationale de Gestion des Risques d'Inondation

SLGRI: Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation

SUDS: Sustainable Urban Drainage System

TRI: Territoire à Risque important d'Inondation

UNDP: United Nations Development Program

UNEP: United Nations Environment Program

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change

UNISDR: United Nations International Strategy for Disasters Reduction

WB: World Bank

WMO: World Meteorological Organization

ABSTRACT

The consensus on climate change has been established since the fifth report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). In this situation, this report aims to present an inventory of fixtures for Mediterranean town flood risk management. The design and the implementation of flood adaptation strategies at the local level is a complex task for policy makers, as they have to cope with a high diversity of stakeholders and scenarios. These stakeholders have various perceptions and relationships to natural hazards, and reflect different socio-economic and socio-psychological backgrounds. Moreover the effects of climate change create different unknown forms of risk along with the inherent uncertainty connected to flood risk.

In this context, Mediterranean adaptation strategies are built on the experience of each urban area and climate change scenario. This presents a challenge for both climate and hydrologic modelling to predict the evolution of rainfall and storm water, especially for extreme events in this part of the world.

In order to keep the Mediterranean basin an attractive place for tourism and life quality, and limiting dangerous flooding, adaptation strategies have to deal with urban and economic development of the towns. Projects in several urban areas have implemented new structural measures improving the resilience by careful design. This kind of design can also have a collateral beneficial effect. Projects show the adaptation evolution between North and South of the Mediterranean region. There is also international cooperation which allows making bigger projects and sharing the knowledge. Finally, the report presents an overview of the progress and needs related to Mediterranean flood control in different countries.

Adaptation - Climate change - Flood - Mediterranean towns - Mitigation - Resilience - Structural measures - Urban area.

RESUME TECHNIQUE

Le consensus sur le changement climatique s'affirme encore depuis la parution du 5^e Rapport du Groupement International sur l'Evolution du Climat (GIEC). La présente synthèse a pour but de présenter un état des lieux de la gestion du risque inondation des villes méditerranéennes. La conception et la mise en place de stratégies locales d'adaptation aux inondations apparaît complexe pour les autorités publiques, qui doivent faire face à une grande diversité de scénarii et d'acteurs. Des acteurs qui ont des perceptions différentes vis-à-vis des risques naturels, influencées par le contexte socio-historique. Les effets du changement climatique peuvent également engendrer une certaine variabilité des risques combinée à l'incertitude inhérente à l'aléa inondation.

Dans cette situation, les stratégies d'adaptation méditerranéennes s'établissent sur l'expérience historique de la gestion de l'aléa ainsi que sur les données du changement climatique disponibles. Cette étape présente un défi pour les modélisations de scénarii climatiques et hydrologiques afin de prévoir l'évolution des précipitations et des tempêtes, notamment pour les évènements extrêmes.

Dans le but de garder le Bassin Méditerranéen comme un espace touristique où la qualité de vie est attractive, les stratégies d'adaptation aux inondations doivent s'intégrer au développement économique de la région. Certains projets urbains s'intéressent aux techniques alternatives pour améliorer la résilience urbaine, sur les rives Nord et Sud qui peuvent montrer des bénéfices collatéraux. Une coopération internationale permet alors le lancement de grands projets d'aménagement.

Cette synthèse présente ainsi une approche des progrès et besoins techniques dans la gestion du risque inondation en Méditerranée.

Adaptation - Aire Urbaine - Atténuation - Changement climatique - Inondation - Mesures structurelles - Résilience - Villes méditerranéennes.

SOMMAIRE

GLOSSAIRE	1
ABSTRACT	2
RESUME TECHNIQUE	2
SOMMAIRE	3
TABLE DES FIGURES	4
INTRODUCTION	5
CHANGEMENT CLIMATIQUE ET INONDATION EN MEDITERRANEE	6
LA MEDITERRANEE	6
LE CHANGEMENT CLIMATIQUE	6
<i>Les données et conséquences connues</i>	6
<i>La réaction des sociétés humaines</i>	7
LES INONDATIONS	8
<i>Caractérisation de l'évènement</i>	8
<i>Notion de Risque</i>	9
LES MESURES D'ADAPTATION EXISTANTES	10
MESURES POLITIQUES	10
MESURES FINANCIERES	12
MESURES TECHNIQUES	12
<i>Mesures non structurelles de prévisions/préventions</i>	12
<i>Mesures structurelles "dures"</i>	13
<i>Mesures structurelles alternatives</i>	14
ETAT DES LIEUX: QUEL GESTION AUTOUR DE LA MEDITERRANEE	17
UNE PRISE DE CONSCIENCE GENERALE	17
QUELQUES PROJETS PILOTES AU NIVEAU LOCAL	18
STRATEGIE D'ADAPTATION: LES BESOINS ET PROGRES NOTABLES	18
CONCLUSION	20
BIBLIOGRAPHIE	21
ANNEXES	23
ANNEXE 1 : NOMBRE DE CATASTROPHES NATURELLES EN AFRIQUE DU NORD ET MOYEN ORIENT	23
ANNEXE 2: LES MESURES DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS AUX DIFFERENTES ECHELLES D'UNE VILLE	24

TABLE DES FIGURES

Figure 1 :Tendances des catastrophes liées à l'eau. Source: EM-DAT/CRED (2011)	5
Figure 2 : La région méditerranéenne.....	6
Figure 3: Evolution de la distribution statistique des précipitations (Plan Bleu 2011, Stéphane Simonet).....	9
Figure 4 : Exemple de toitures stockantes végétalisées (source: artech-étanchéité.com et ecocopro.com).....	15
Figure 5 : Principe du stockage en SAUL (source: HamonWaterSolutions.com)	15
Figure 6 : Terrain de sport dimensionné pour la rétention des eaux pluviales (source: Cerema)	16
Figure 7 : Chaussée poreuse (source: CAUE de l'Oise)	16
Figure 8 : Stade de mise en œuvre de mesures d'adaptation pour la gestion du risque d'inondation dans 7 pays méditerranéens (source: Plan bleu 2011)	19

INTRODUCTION

La notion de "vivre avec" en contexte de changement climatique (Stocker, 2014) fait partie d'un des plus grand défi du 21^e siècle pour l'humanité. Le consensus qui s'est créé autour de cette notion provient de la conviction du monde scientifique vis à vis du phénomène engagé. Cependant, de nombreuses incertitudes demeurent quant aux effets possibles de ce changement, leur nature et leur intensité.

A ce titre, des stratégies d'adaptation aux différents impacts sont progressivement mises en place afin de poursuivre le développement des activités humaines. La responsabilité de l'orientation de ces stratégies incombe aux décideurs publics, même si des initiatives locales et privées voient le jour. Il s'agit notamment pour les décideurs de fixer un cadre de mesures et de faciliter ou promouvoir les projets d'adaptation cohérents avec le développement territorial.

Dans ce contexte, la gestion du risque inondation apparaît délicate en raison de la forte incertitude inhérente à sa nature. Ceci est d'autant plus complexe que les projections répondent à différents scénarii de changement climatique.

L'inondation est la catastrophe naturelle due au climat ayant la plus grande fréquence dans le monde et en Méditerranée. Il reste cependant difficile dans le monde scientifique d'établir un véritable lien entre l'occurrence de cette catastrophe et les perturbations climatiques à venir. Certains centres de recherche tentent malgré tout d'avancer dans ce domaine tel l'Université d'Oxford avec le projet "climatprediction.net". Une augmentation peut cependant être observée sur la période de 1980-2011 (voir Figure 1) selon la Stratégie Internationale des Nations Unies pour la Réduction des Désastres (UNISDR).

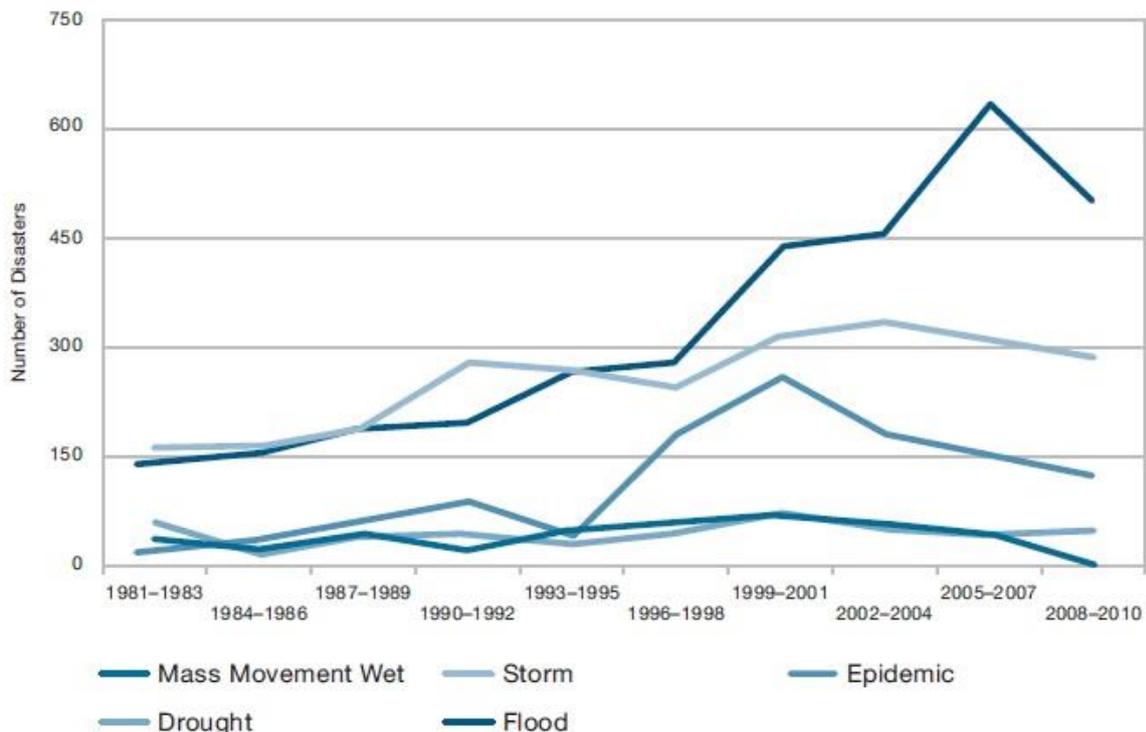


Figure 1 : Tendances des catastrophes liées à l'eau. Source: EM-DAT/CRED (2011)

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET INONDATION EN MEDITERRANEE

LA MEDITERRANEE

Au nom de Méditerranée peuvent se rattacher différentes dimensions (géographique, culturelle et climatique) qui ne sont pas incontestablement liées. Afin d'illustrer ce fait, la région d'Adélaïde en Australie est soumise à un climat méditerranéen alors que le Delta du Nil ne l'est pas. Une vérité qui se retrouve alors totalement inversée d'un point de vue purement géographique. On peut noter aussi que l'UpM (Union pour la Méditerranée) comprend l'UE et donc les pays du nord de l'Europe.

Il est alors important d'indiquer que la dimension géographique est mise en avant dans le présent rapport. Les éléments qui sont abordés sont rattachés aux pays limitrophes de la mer Méditerranée sur les deux rives Nord et Sud. De manière plus précise, et afin de garder une certaine homogénéité au sein des territoires observés, nous concentrons notre attention sur le littoral méditerranéen qui se caractérise par un lien à la mer, une densité urbaine élevée et un fort attrait touristique qui place la région au premier rang mondial en extrême de fréquentation (Magnan et al., 2009). Une exception sera faite pour la région de l'Ouest du Maroc qui se trouve bordé par l'Océan Atlantique mais est considérée tout de même par ses projets d'adaptation. Le périmètre retenu est donné par la carte de la Figure 2.



Figure 2 : La région méditerranéenne

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les données et conséquences connues

Le réchauffement du système climatique est sans équivoque et, depuis les années 1950, beaucoup de changements observés sont sans précédent depuis des décennies voire des millénaires. L'atmosphère et l'océan se sont réchauffés, le niveau des mers s'est élevé et ce en raison d'une augmentation incontestable des concentrations des gaz à effet de serre dans

l'atmosphère (Stocker, 2014). Le bassin méditerranéen apparaîtra au cours du 21^e siècle au rang des régions les plus sévèrement touchées. A l'horizon 2100, la région connaîtra, d'après les différents modèles climatiques, une hausse de la température moyenne de 2 à 4°C, une baisse de la pluviométrie de 4 à 30% et une élévation du niveau de la mer de 18 à 59 cm (Plan bleu pour la Méditerranée, 2011). Le rapport de la Banque Mondiale " *Turn Down the Heat 3* " confirme ces tendances possibles.

Concernant les risques d'inondation, il est fait état dans les rapports de forte probabilité de connaître dans l'avenir des événements extrêmes plus marqués avec des épisodes de précipitations abondantes plus intenses et plus fréquents sur les terres émergées de moyennes latitudes comme l'est le bassin méditerranéen (Stocker, 2014). Une tendance aux événements d'inondations plus fréquents et intenses est ainsi prévue, avec une très probable augmentation du pic des crues printanières, dû à la fonte des neiges, et des inondations en zones littorales impactées par l'élévation du niveau marin (Field, 2012).

La réaction des sociétés humaines

Cette évolution des conditions climatiques modifie le cycle de l'eau et oblige ainsi à réviser la gestion de la ressource. Les impacts, en plus de ceux supposés sur le risque d'inondation, seront globaux en affectant également d'autres secteurs comme la production alimentaire et l'eau potable (Field et al., 2014). Il est alors indispensable de travailler sur une gestion intégrée des différents secteurs concernés pour apporter des mesures efficaces et optimisées.

Au préalable il nous paraît utile de rappeler les définitions des mesures d'atténuation et d'adaptation développées par l'UNFCCC :

- **Atténuation**¹ : est une intervention humaine pour réduire les sources ou augmenter les puits de gaz à effet de serre (Intergovernmental Panel On Climate Change, 2014).
- **Adaptation** : est la démarche d'ajustement au climat actuel ou attendu, ainsi qu'à ses conséquences. Dans les systèmes humains, il s'agit d'atténuer ou d'éviter les effets préjudiciables et d'exploiter les effets bénéfiques (Field et al., 2014).

Dans le présent rapport, seule la démarche d'adaptation est abordée, bien qu'il soit possible d'envisager des actions qui conjuguent les deux mesures, par exemple dans le développement de zones forestières qui pourraient jouer un rôle dans la minimisation des inondations et constituer des puits de carbone.

Dans le but de rendre cette adaptation efficace, il est essentiel d'identifier les enjeux présents sur le territoire que l'on souhaite protéger. Les territoires urbains figurent en tête des zones menacées. Il est ainsi mentionné dans la SUDEM (Stratégie Urbaine Durable Euro-Méditerranéenne) de l'UpM (Union pour la Méditerranée) que "les inondations catastrophiques, [...] constituent un risque majeur pour bon nombre de villes méditerranéennes en Algérie, Espagne, France, Grèce, Italie ou en Turquie. Parmi les zones méditerranéennes les plus vulnérables se trouvent les zones côtières, qu'elles soient au nord ou au sud du bassin, ainsi que les zones à forte croissance démographique (rives Sud et Est) où se trouvent les villes denses et les banlieues"².

¹ Traduit de l'anglais « **mitigation** », issu des rapports scientifiques.

² Issu du groupe de travail PNUE/PAM/Plan Bleu : *Vers une stratégie urbaine durable Euro-Méditerranéenne (SUDEM) dans le cadre de l'Union pour la Méditerranée - Un diagnostic de la situation des villes méditerranéennes* (2012)

LES INONDATIONS

Caractérisation de l'évènement

Les inondations se caractérisent par un apport exceptionnel d'eau sur un territoire pendant une courte durée sans avoir le temps d'être régulé naturellement ou artificiellement (infiltration, ruissellement, stockage). Il est important de rappeler que cet aléa résulte généralement de la combinaison de phénomènes météorologiques et hydrologiques extrêmes. Il peut également être la conséquence des activités humaines, lorsque la croissance et le développement de celles-ci s'établissent sur des plaines naturellement inondables, ou lors d'une défaillance de structures artificielles comme la rupture d'un barrage. Les différents types d'inondation et leurs causes sont présentés dans le Tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Les différents types d'inondations (d'après World Bank, 2012)

Type	Causes naturelles	Implications humaines	Vitesse d'apparition	Durée de l'évènement
Inondations urbaines	Fluviale Côtière Pluvial Remontée de nappe	Saturation des réseaux d'eau Manque de perméabilité des sols Défaillance des systèmes de drainage et leur management	Variable, dépend de la cause	De quelques heures à quelques jours
Inondations fluviales	Intenses précipitations Fonte des neiges et glaciers Tremblements de terre	Changement d'occupation des sols Augmentation du pouvoir ruisselant	Variable	Variable, dépend des conditions primaires
Inondations côtières	Tremblements de terre Volcanisme marin Erosion côtière et subsidence	Urbanisation des zones côtières Destruction de la flore côtière	Variable mais généralement assez rapide	Généralement de courte durée
Remontée de nappe	Nappe proche de la surface avec forte précipitations	Développement dans des basses plaines en bord de cours d'eau	Généralement lente	Longue durée
Inondation éclair	Souvent par combinaison d'évènements pluviaux, fluviaux et côtiers Précipitations extrêmes localisées	Défaillance des structures de retenues/stockages Surcharge du système de drainage	Très rapide	Généralement courte durée, quelques heures
Inondation semi-permanente	Montée du niveau marin Subsidence	Développement urbain inappropriée Mauvaise gestion des ressources souterraines	Lente	Longue durée à permanent

L'inondation en zone urbaine peut ainsi prendre plusieurs formes. L'identification des causes de l'évènement et la gestion possible des différents impacts apparaissent importants afin de déterminer une stratégie d'adaptation (Jha et al., 2012). Afin d'optimiser cette dernière, une approche transversale des différents impacts et de la possible conversion en effets positifs de ceux-ci permet de mettre en place des mesures multifonctions, durables et à fort potentiel, parfois qualifiées de "sans regrets" (Plan bleu pour la Méditerranée, 2011).

Notion de Risque

L'inondation est aussi associée à la notion de risque qui est l'effet combiné de la vulnérabilité d'un territoire et d'un aléa ou phénomène (Brémond, 2011). Les études sur le changement climatique montrent que la distribution des événements climatiques va évoluer et la fréquence des événements extrêmes également : "Un évènement extrême dans le climat actuel peut devenir plus commun, ou plus rare, sous les conditions climatiques futures"³.

La Figure 3 ci-dessous permet de représenter le phénomène de modification de la distribution statistique des précipitations, induite par le changement des paramètres climatiques.

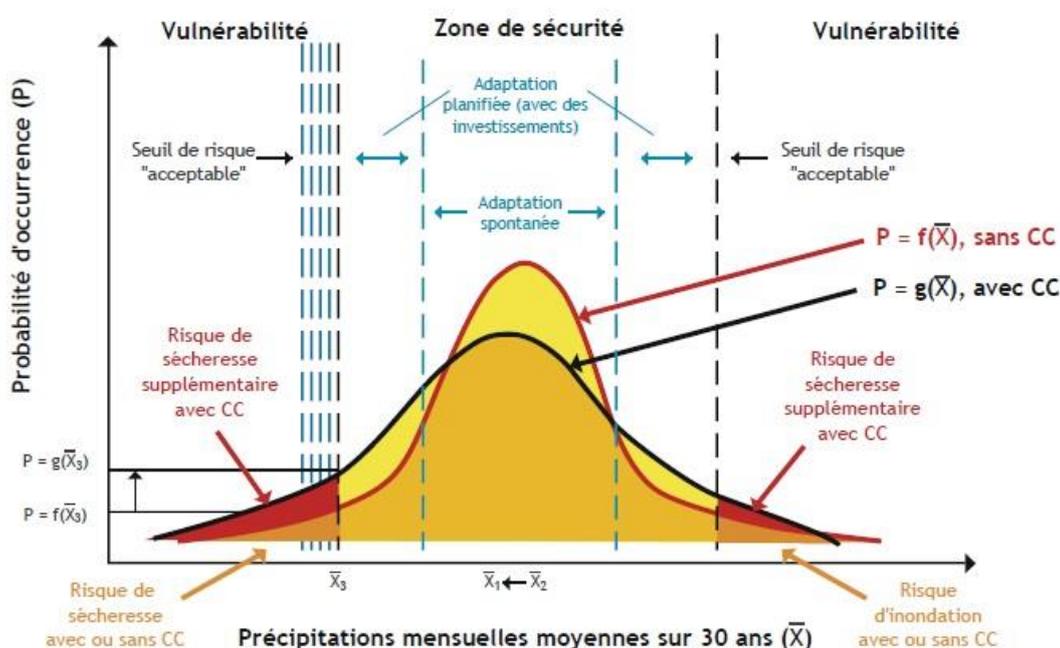


Figure 3: Evolution de la distribution statistique des précipitations (Plan Bleu 2011, Stéphane Simonet)

Au delà de la probable augmentation des aléas d'inondation dans l'évolution climatique, qui reste difficile à prédire, le risque peut également devenir plus important par l'accroissement de la vulnérabilité liée à une croissance démographique et un développement d'activités (Poulard et al., 2013). En effet, les prévisions démographiques du bassin méditerranéen indiquent un fort essor de la population et notamment dans les zones urbaines du littoral.

Ces prévisions annoncent ainsi un taux de croissance annuel moyen de 1,7% pour les pays riverains de la Méditerranée, entraînant un doublement de la population dans les 30 prochaines années (The World Bank, 2014). Cette population a également une très forte tendance à s'installer sur le littoral, avec une concentration 2,6 fois plus élevée que les moyennes nationales. Il en résulte une concentration des activités à laquelle s'ajoute parfois l'affluence touristique, pouvant augmenter la densité urbaine de 50% durant la période estivale (Magnan et al., 2009).

³ Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaption - IPCC (2012)

Or la rive sud est déjà actuellement gravement touchée par les phénomènes d'inondations (Annexe 1 : Nombre de catastrophes naturelles en Afrique du Nord et Moyen Orient). Sur une période d'observation de 30 ans (1981-2011), ce type de catastrophes est le plus récurrent, avec plus de 300 événements recensés (représentant 53% du nombre total des catastrophes) (The World Bank, 2014). La rive Nord n'est pas épargnée, comme en témoignent les événements de l'année 2014 (Sud de la France Automne 2014, Italie 2014, Balkans printemps 2014).

En milieu urbain le risque est très important, du fait que la vulnérabilité des personnes et des biens est plus élevée. Ceci est particulièrement marquant dans les zones industrielles qui peuvent devenir source de pollution et entraîner une catastrophe successive.

Un risque particulièrement élevé peut également être identifié dans les zones urbaines de grande pauvreté, notamment dans les pays du Sud de la Méditerranée, où celui-ci est parfois difficilement caractérisable et où la communication doit être spécifique.

LES MESURES D'ADAPTATION EXISTANTES

Les mesures d'adaptation peuvent être de différentes natures et s'appliquent à différentes échelles (Annexe 2: Les mesures de protection contre les inondations aux différentes échelles d'une ville). Depuis une vision globale et amont de l'agglomération jusqu'à l'approche du logement individuel, les mesures de protections sont nombreuses (réhabilitation de zone humide en amont, chenaux urbains d'évacuation, récupérateurs d'eau de pluie individuels, etc...) et doivent être adaptées à l'échelle d'action.

MESURES POLITIQUES

Les mesures politiques ont pour but de cadrer les conditions de la gestion du risque inondation. Les autorités publiques jouent également un rôle primordial dans le soutien aux acteurs et à leurs efforts d'adaptation, en créant ou renforçant les cadres juridiques et les instruments techniques, économiques et financiers nécessaires pour rendre possible, voire inciter à la mise en œuvre de stratégies d'adaptation (Magnan et al., 2009).

Sur la rive nord de la Méditerranée, les pays membres de l'Union Européenne sont tenus de faire appliquer les textes de la Directive Inondation 2007/60/CE (DI) du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2007. Celle-ci est encore en cours de développement dans les pays concernés. Une Evaluation Primaire du Risque Inondation (EPRI) a été établie en décembre 2011, suivie de cartes de vulnérabilité (TRI: Territoires à Risque d'Inondation) en décembre 2013. Puis des Plans de Gestion des Risques Inondation (PGRI) doivent être réalisés d'ici la fin de l'année 2015. Enfin, des Stratégies Locales de Gestion des Risques Inondation (SGRI) seront mise en place pour la fin de l'année 2016. Toutes ces mesures doivent être en adéquation avec la Stratégie Nationale de Gestion des Risques Inondation (SNGRI) publiée en 2014. Un renouvellement de chacune de ces étapes est prévu tous les 6 ans, un second cycle débutera ainsi en 2018.

Afin de mettre en place des mesures durables, il a été demandé de veiller à ce qu'il soit tenu compte du changement climatique dans la mise en œuvre de la DI par les états membres (ONERC, 2009). Dans ce contexte, les députés européens ont décidé que la directive fasse référence au changement climatique et le prenne en compte dans les évaluations préliminaires ainsi que dans le rapport que la Commission Européenne établira en 2018 (http://www.pouvoirs-locaux-francais.eu/documents/?doc_n_id=449&arb_n_id=37).

En parallèle, le PNACC (Le Plan National d'Adaptation au Changement Climatique) établi par le MEDD en France en 2011, recommande la prise en compte des impacts potentiels de celui-

ci sur le risque inondation dans les documents d'urbanisme (Centre Européen de Prévision du Risque d'Inondation, 2013).

Sur la rive sud, une stratégie internationale s'est également mise en place en 2012, avec la ISDRRM (Islamic Strategy for Disaster Risk Reduction Management) portée par les ministères de 57 pays islamiques, ainsi qu'un plan de travail pour construire une résilience régionale face aux catastrophes (The World Bank, 2014). Cette stratégie ISDRRM a pour objectifs de:

- renforcer la capacité de réduction des risques dans les pays islamiques,
- améliorer la compréhension des risques et l'accès à l'information,
- promouvoir les stratégies financières et assurantielles,
- aider les pays à se préparer aux catastrophes et renforcer la capacité de reconstruction et réponse post-catastrophe.

Il est également intéressant de signaler que la plupart des pays mettent en place des stratégies d'adaptation (voir Tableau 2), qui ont un rôle dans l'établissement des plans d'aménagement et d'urbanisme et donc une influence sur la résilience d'un territoire. Ces documents doivent être en adéquation avec les documents réglementaires portant spécifiquement sur le risque d'inondation.

Tableau 2 : Exemples de stratégies nationales mise en place dans 9 pays méditerranéens

Pays	Stratégie pour le Changement climatique	Stratégie pour la gestion du risque d'inondation
France	PNACC (Plan National d'Adaptation au Changement Climatique)	SNGRI (Stratégie nationale de Gestion du Risque Inondation)
Italie	SNACC (Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatic)	RBP (River Bassins Plans)
Espagne	PNACC (Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático)	PNSCI (Programa Nacional de Seguro Contra Inundaciones)
Grèce	NASCC (National Adaptation Strategy of Climate Change)	RBP (River Bassins Plans)
Turquie	RTCCS (Republic of Turkey Climate Change Strategy)	-
Algérie	PANCC (Plan d'Action National des Changements Climatiques)	Stratégie Nationale de Protection contre les Inondations prévue pour 2015.
Tunisie	SNCC (Stratégie Nationale sur le Changement Climatique) avec la GIZ (coopération allemande)	PNCI (Plan National Contre les Inondations)
Maroc	PNRC (Plan National contre le Réchauffement Climatique)	PNPI (Plan National de Protection contre les Inondations)
Egypte	ENSACCDRR (Egypt's National Strategy for Adaptation to Climate Change and Disaster Risk Reduction)	ENSACCDRR (Egypt's National Strategy for Adaptation to Climate Change and Disaster Risk Reduction)

Il est important de rappeler que tous les pays riverains du sud de la méditerranée sont signataires de l'UNFCCC (Observatoire du Sahara et du Sahel, 2007).

MESURES FINANCIERES

Face aux impacts et dégâts provoqués par les événements d'inondation, certains leviers financiers existent et peuvent être intégrés aux stratégies nationales. Pour la mise en place de ces mesures financières, il faut évaluer les risques et les pertes potentiels de chaque territoire. Cette évaluation permet d'identifier les secteurs où :

- les pertes peuvent être acceptées sans compensation (intrusion saline des nappes côtières par l'élévation marine) car le coût d'adaptation est trop important et sans effet durable,
- les pertes peuvent être partagées entre les différents acteurs au moment des catastrophes (solidarité nationale ou système assurantiel) si le coût de reconstruction apparaît plus avantageux qu'une prévention,
- les investissements sur la prévention et la protection sont réalisables, efficaces et durables pour limiter les effets du changement climatique et des inondations.

Dans le secteur de l'eau, différents outils économiques et financiers existent en matière d'adaptation, dont les principaux sont (Agrawala et al., 2008):

- les aides et les programmes de financement publics internationaux et nationaux tels que le Fond d'Adaptation du Fond pour l'Environnement Mondial (FEM) pour les pays de l'Est et le Sud de la Méditerranée et les fonds européens et nationaux pour la rive Nord,
- les dispositifs basés sur la fourniture d'un signal-prix, comme la tarification de l'eau (possible taxe sur les eaux pluviales),
- les systèmes de mutualisation et de partage du risque, comme les assurances contre les risques hydro-météorologiques (sécheresses, inondations, etc.),
- les investissements privés via notamment les partenariats public-privé (PPP).

En outre, en attribuant un prix au risque, le développement de l'assurance et/ou d'un dispositif tarifaire (taxes) peut également contribuer à rendre celui-ci plus concret et encourager l'adoption de comportements plus préventifs (Jha et al., 2012).

De manière générale, les outils financiers développés dans le cadre du changement climatique doivent être flexibles et adaptables.

MESURES TECHNIQUES

Les mesures techniques prises dans la gestion des événements extrêmes découlent majoritairement du cadre politique et des mesures financières mises à disposition des acteurs. Dans le secteur de la gestion du risque d'inondation, deux grands groupes d'outils techniques se distinguent : des outils de prévision/prévention et des outils structuraux de protection.

Mesures non structurelles de prévisions/préventions

Les mesures de prévisions marquent une volonté d'apporter des informations sur les tendances (les plus précises et au plus long terme possible) par le biais de la modélisation. Dans ce but par exemple, le projet *Explore 2070* a été réalisé en 2012 en France pour évaluer les impacts du changement climatique à long terme sur les ressources en eau. La finalité de

cet outils est de produire des données et des informations relatives aux événements extrêmes et futurs difficilement caractérisables, afin de devenir un outil d'aide à la décision. Cependant, la modélisation reste une approche complexe, demandant une quantité importante de données pour sa création, ainsi qu'une bonne connaissance du degré d'influence de celles-ci (Provitolo, 2008). De plus, elle nécessite une bonne instrumentation du territoire concerné afin de valider les données modélisées, sachant qu'une amélioration continue des données de calage augmente la robustesse de l'outil. Une instrumentation encore trop faiblement existante sur la rive Sud de la Méditerranée (Banque Mondiale et CMI, 2011).

Les mesures de prévention sont mises en place pour limiter l'effet de l'évènement lors de son apparition sur la base d'une communication anticipée du risque. Pour cela l'OMM (Organisation Météorologique Mondiale) aide à améliorer les outils d'observation, de vigilance et d'alerte notamment dans les pays du Sud et l'Est de la méditerranée (Plan bleu pour la Méditerranée, 2011).

Un réseau efficace permet ainsi de transformer une information d'observation en une information de vigilance, voire d'alerte, à l'aide de l'expérience relative à cette information et de la modélisation à court terme, donc relativement fiable. C'est le cas du réseau météorologique français, qui, en relation avec le SPC (Service de Prévision des Crues), permet de mettre à disposition du public une alerte à l'évènement de crue via l'outil d'information "Vigicrues". Ce système se retrouve par ailleurs dans d'autres pays en méditerranée, mais surtout en rive Nord. Toutefois un pays comme la Turquie a mis en place une initiative similaire baptisé FFEW (Flood Forecasting and Early Warning system) sous l'impulsion du TMS (Turkish Meteorological Services) en partenariat avec l'USTDA (U.S. Trade and Development Agency).

L'Europe investit dans ces outils, comme le prouvent les nombreux programmes lancés récemment tels que "Imprints", "WeSenseIt" et "UrbanFlood" (Commission Européenne, 2014) notamment pour les crues éclair en milieu urbain. De manière plus globale, le réseau IFNeT (The International Flood Network) a été formé pour faciliter la coopération internationale dans la gestion des inondations et fournir une information d'alerte (Jha et al., 2012).

En contexte côtier comme sur le littoral méditerranéen, des systèmes d'alerte précoce permettent aux villes de réduire les pertes potentielles dues aux tempêtes, surcotes et tsunamis. Un système de « bouées intelligentes », comme celui qui est proposé pour Alexandrie en Egypte (Banque Mondiale et CMI, 2011), pourrait permettre une surveillance en temps réel. Afin d'optimiser et d'accélérer la communication durant les inondations, le développement de nouveaux outils d'alerte par le biais d'internet et des réseaux sociaux peut être une nouvelle perspective.

L'observation satellitaire est également amenée à être largement employée pour effectuer un suivi à long terme des phénomènes de subsidence (Banque Mondiale et CMI, 2011) sur les villes côtières (due généralement à une exploitation intensive des ressources du sous-sol) et un suivi de la montée du niveau marin.

Mesures structurelles "dures"

Sont indiquées comme mesures structurelles dures, dans la gestion des inondations, les infrastructures humaines fixes et dédiées à la protection des biens et des personnes lors des événements de crues.

Selon leur nature, ces infrastructures permettent de :

- limiter l'apport d'eau de l'amont pour le risque d'inondation fluviale (barrage en amont de la zone ciblée),

- dériver le cours d'eau présent à proximité des activités humaines (canaux, recalibrage de cours d'eau) pour le risque d'inondation pluviale et fluviale,
- augmenter la protection en bordure de cours d'eau (digues, rehaussement de bâtiments) pour le risque d'inondation fluviale et pluviale,
- augmenter la protection en milieu urbain par le stockage (bassin de rétention, réseaux d'évacuation) pour le risque d'inondation éclairée et pluviale,
- augmenter la protection en zone côtière (digue, installations physiques pour casser la houle).

Les mesures structurelles citées précédemment permettent ainsi de grandement diminuer le risque d'inondation. Cependant, ce type de mesures doit impérativement être correctement appréhendé et une analyse des impacts doit être réalisée. En effet, de nombreux inconvénients ou effets non-désirés, tels que la dégradation des milieux (Guerrieri, 2002), la délocalisation (voire déformation) de l'évènement sur d'autres populations (Poulard et al., 2013), ainsi que la non-flexibilité des mesures, peuvent apparaître contraire à un développement durable. Ainsi chaque infrastructure étant dimensionnée par rapport à un évènement d'une intensité fixée, elle peut s'avérer inefficace, voire aggravante, pour un évènement plus extrême. De plus, ce sont des mesures à vocation unique, qui peuvent, selon les cas, représenter un investissement important pour de faibles bénéfices.

A l'échelle d'un territoire urbain, le plan d'aménagement de la ville a une place très importante dans la gestion du risque inondation. L'occupation du sol, principalement marqué par l'imperméabilisation, doit s'adapter aux risques en hiérarchisant les zones à protéger. Une perméabilisation progressive des territoires urbains peut également se mettre en place et être encouragée comme cela se fait au sein du bassin Rhône-Méditerranée et Corse (<http://www.eaurmc.fr/climat.html>). Pour les villes côtières connaissant des effets de subsidence, d'érosion côtière et/ou d'intrusion saline, une migration des infrastructures vers les terres doit être privilégiée pour les projets d'extension à long terme.

Mesures structurelles alternatives

La notion de "mesures structurelles alternatives" est récente dans la gestion des eaux pluviales et du risque inondation. Elle a été établie dans les années 90 (Chocat, 1997) et a commencé à se développer au début du 21^e siècle pour connaître un essor important actuellement. L'objectif est de détourner le principe primaire des mesures structurelles comme unique système de protection ponctuelle au profit d'une réelle gestion intégrée au territoire avec un caractère multifonctionnel (MAIGNE, 2006).

La volonté qui se dégage de ces techniques alternatives est de réaliser une gestion des eaux pluviales à la source ou "à la parcelle" et de rendre la ville plus "perméable" afin d'éviter la seule évacuation des eaux. Elles permettent ainsi de stocker provisoirement les volumes d'eaux pluviales, de les réutiliser ou de les infiltrer quand elles ne sont pas polluées, ou de les traiter de manière passive au plus près de leur point de chute lorsqu'elle contiennent des polluants (abords de voiries, plateforme d'usine). Parmi un grand nombre de procédés possibles, certains sont présentés ici:

Les toitures stockantes (Figure 4) consistent en la mise en place d'un système de rétention provisoire sur le toit des bâtiments délimité par un pourtour de parapets ou caissons. L'ensemble de la toiture-terrasse est réalisé en matériaux poreux afin de laisser un maximum d'espace de stockage sans mettre en eau la surface de la structure. Les toitures peuvent

également être végétalisées pour augmenter le pouvoir de rétention. Les eaux interceptées les toitures n'étant pas considérées comme polluées, celles-ci peuvent être acheminées vers un réservoir plus important pour être réutilisées à la parcelle (Conseil Regional Rhône-Alpes, 2006).



Figure 4 : Exemple de toitures stockantes végétalisées (source: artech-étanchéité.com et ecocopro.com)

Les Structures Alvéolaires Ultralégères (SAUL) sont des produits de forme cubique récemment utilisés pour la mise en place d'ouvrages enterrés de génie civil (Figure 5). Ces structures peuvent présenter un taux de vide supérieur à 90% ce qui leur confère un pouvoir stockant incontestable. Les matériaux composant la structure sont résistants et permettent ainsi une exploitation du foncier en surface (routes, parkings). Selon la nature des projets et des sols, l'emprise de ces ouvrages est variable ainsi que leur fonction finale qui peut être une infiltration ou une simple rétention/évacuation à débit régulé au réseau d'assainissement (Cygler, 2014). Dans un projet où la structure est utilisée pour la récupération d'eaux pluviales non polluées, cette réserve peut servir à l'arrosage public (<http://structures-alveolaires-saul.fr/>).

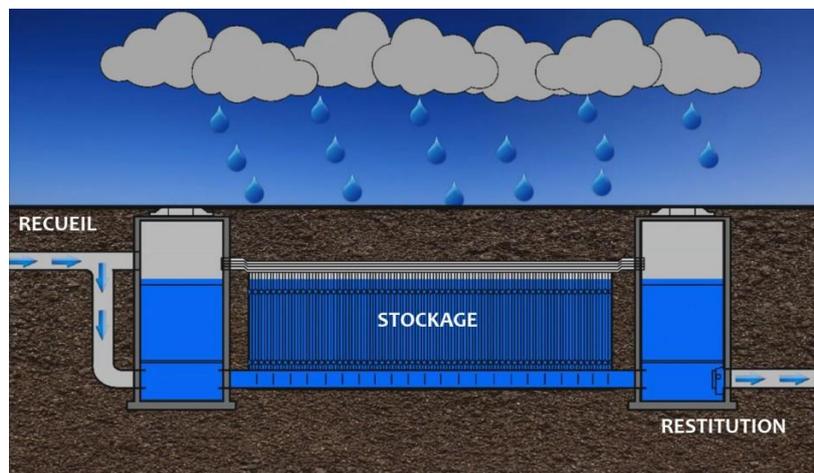


Figure 5 : Principe du stockage en SAUL (source: HamonWaterSolutions.com)

Les noues sont de larges fossés, peu profonds, avec un profil présentant des rives à pentes douces. Fossés et noues constituent deux systèmes permettant de ralentir l'évacuation de l'eau, avec un écoulement et un stockage de l'eau à l'air libre. L'eau récoltée au droit de ces espaces est évacuée par infiltration et/ou de manière régulée vers un exutoire (puits, bassin, réseau de collecte). Sur un même principe, les structures de **bassins de rétention/infiltration** (Figure 6) exercent sensiblement le même rôle, excepté que ceux-ci représentent des dispositifs uniquement de collecte et non de transport (Conseil Regional Rhône-Alpes, 2006).

Ces structures s'adaptent bien en milieu urbain en s'intégrant simplement à des espaces pré-existants (espaces public, terrain de sport, fossé végétalisé en bord de voirie).



Figure 6 : Terrain de sport dimensionné pour la rétention des eaux pluviales (source: Cerema)

Les pavés perméables font partie des "structures réservoirs". Ils servent à perméabiliser les chaussées/parkings (Figure 7) et utiliser la zone de remblai sous-jacente comme unité de stockage et de drainage (Castro-Fresno, et al., 2013). Ces structures sont réalisées en matériaux poreux afin de limiter le ruissellement de surface.

Chaussée
poreuse

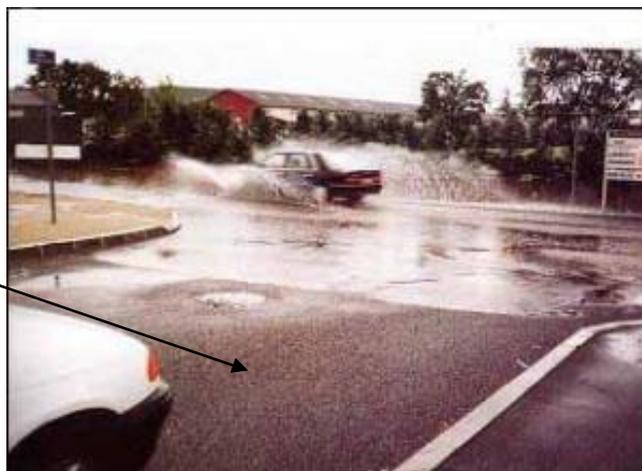


Figure 7 : Chaussée poreuse (source: CAUE de l'Oise)

Les points forts de la plupart de ces mesures sont de ne pas avoir d'emprise foncière supplémentaire (important en milieu urbain dense) et d'avoir une utilité ajoutée à la seule diminution du risque d'inondation (recharge de nappe, stockage pour la pénurie d'eau, rafraîchissement pour îlot de chaleur, terrain récréatif).

Cependant, l'inconvénient principal reste l'entretien de ces dispositifs qui peut être relativement important. De plus, une modification de la gestion globale des eaux pluviales d'une ville via un réseau collectif jusqu'à une unité de traitement unique, pour se diriger vers une gestion plus localisée à la "source" implique une démultiplication des points de traitements et de rejets.

Il s'agit encore aujourd'hui de mesures coûteuses plutôt disponibles au Nord mais dont le développement au Sud sera intéressant à suivre (notamment lors que l'excès d'eau peut être réutilisé).

ETAT DES LIEUX: QUEL GESTION AUTOUR DE LA MEDITERRANEE

UNE PRISE DE CONSCIENCE GENERALE

Du fait d'une meilleure communication sur le changement climatique (Field et al., 2014) et de l'expérience toujours plus catastrophique des inondations (ou de sécheresses) dans le bassin méditerranéen, une mobilisation des pays riverains est observée.

Dans le domaine technique, un réel développement s'effectue en premier lieu au niveau des outils de prévention et prévision, puis de manière plus disparate concernant les mesures techniques alternatives de gestion et protection syn-événementielle (au moment de l'inondation).

A titre d'exemple, en **Algérie** une Stratégie de Protection contre le risque inondation est prévue pour septembre 2015 dans le cadre d'une coopération avec l'UE et en partenariat avec un groupement d'experts basés en Espagne et aux Pays-Bas. En parallèle, un système d'alerte précoce des populations est prévu pour fin 2015, dont l'étude a été confiée à une entreprise serbe (Reporters, 2014).

Dans d'autres pays de la rive Sud de la méditerranée, une volonté de caractériser la vulnérabilité des villes côtières s'est fait ressentir afin de mieux appréhender les événements extrêmes. Ainsi il est utile de signaler des études diagnostic en **Tunisie**, au **Maroc** et en **Egypte** pour la mise en place de stratégies d'adaptation avec propositions d'orientations pour les villes côtières de Tunis, Casablanca et Alexandrie. Ces études sont effectuées par le biais d'une coopération entre les Etats, la Banque Mondiale et le CMI (CMI, 2014) en association avec un groupement Egis-BRGM-IAU. (Banque Mondiale et CMI, 2011)

Les crues du printemps 2014 au **Sud-Est de l'Europe** ont entraîné la mise en place d'un système d'alerte précoce multi-danger et transfrontalier dans les **Balkans** occidentaux et en **Turquie** pour accroître la résilience face aux inondations.

Ainsi, le projet intitulé «Building Resilience to Disasters in Western Balkans and Turkey» a été co-financé par la Commission européenne, et mis en place par le UNISDR et l'OMM (UNISDR et WMO, 2014). Il a réuni diverses autorités locales, nationales et régionales ainsi que des scientifiques et des intervenants du secteur privé.

Par ailleurs, dans les pays bénéficiaires, le Programme d'échange d'experts (à préciser) a donné la possibilité de constituer et d'améliorer un réseau de gestion des risques de catastrophes qui a grandement facilité l'échange d'informations entre les pays touchés et la prestation d'assistance au plan bilatéral, européen et international(OMM, 2014).

En plus des initiatives techniques pour l'amélioration de la collecte de donnée, des actions de mesures techniques alternatives de protection s'effectuent également comme en atteste l'"Atelier pour l'élaboration d'un catalogue de bonnes pratiques en gestion des eaux pluviales" au **Maroc** avec le programme **Agire** (Appui à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau) (AGIRE et GIZ, 2014). Ce programme est réalisé depuis 2008 avec le soutien de la GIZ (organisme de coopération internationale allemande) en faveur de trois bassins versants marocains.

Enfin, de nombreux projets en coopération avec l'UE par le biais du programme LIFE (L'Instrument Financier pour l'Environnement) favorise l'instrumentation et la collecte de données pour promouvoir la prévision des inondations (European Commission, 2014).

QUELQUES PROJETS PILOTES AU NIVEAU LOCAL

Certaines régions urbaines intègrent des stratégies de la gestion durable des eaux pluviales dans les projets d'aménagement urbain, notamment en rive Nord de la Méditerranée.

C'est le cas du projet Aquaval (UE LIFE) dans la région de Valence (**Espagne**) qui promeut les SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems) en complément des infrastructures hydrauliques existantes par le biais de deux sites démonstratifs dans les villes de Xàtiva et Benaguasil.

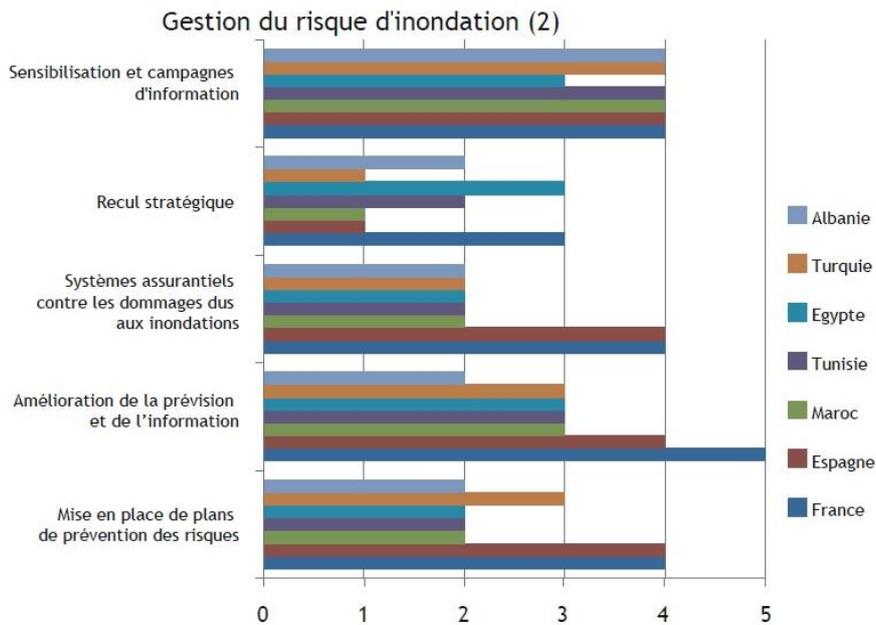
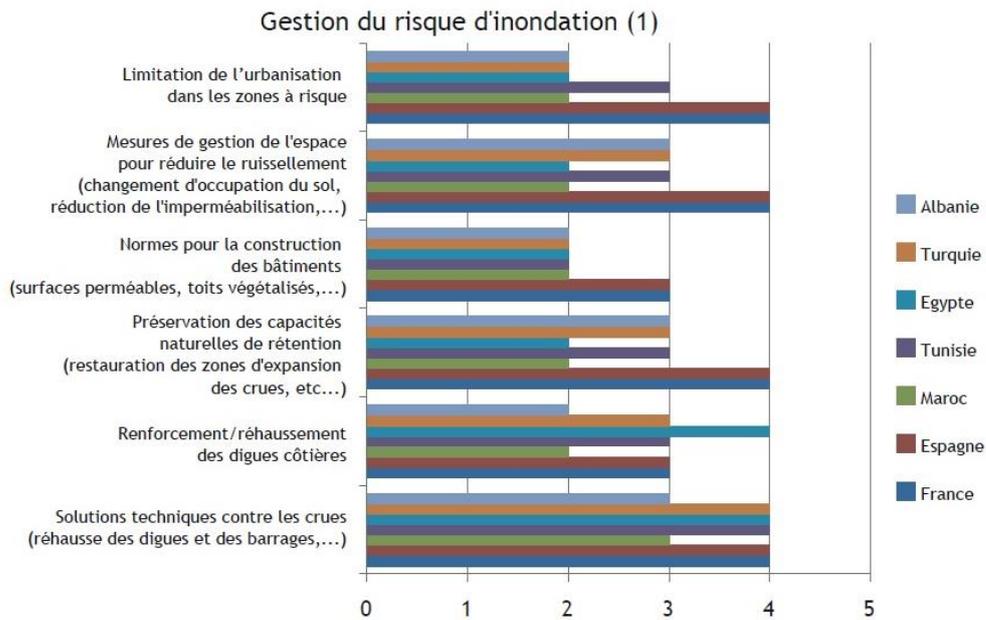
Le projet a de nombreux objectifs, tels que la diminution du débordement des réseaux, la réutilisation des eaux de pluie, la réduction des effets d'îlot de chaleur et la flexibilité des infrastructures de drainage contexte de changement climatique. Pour cela, le projet met en œuvre de nombreuses techniques alternatives (bassins d'infiltration, chaussées poreuses, structures de collecte et traitement d'eau pluviale et toits végétalisés).

Au-delà, le projet Aquaval souligne l'importance d'impliquer les administrations publiques dans la diffusion des technologies et stratégies durables de gestion des eaux pluviales SUDS (en tant que bénéficiaires et co-financeurs du projet). Cet engagement permet de stimuler une gestion plus durable des eaux de pluie en ville, en s'assurant que l'eau de pluie est prise en compte dans les ressources en eau et dans les politiques d'aménagement du territoire (Perales-Momparler et al., 2013).

Un autre exemple est celui de l'aménagement urbain de Montpellier (**France**) avec des solutions techniques alternatives présentées à la journée technique "gestion des eaux pluviales" de l'agence de l'eau RM et C (Marti, 2014). Des structures ont été réalisées en adéquation avec l'aménagement urbain, notamment au quartier Malbosc, avec des noues, bassins paysager, chaussées réservoir et rétention en toiture.

STRATEGIE D'ADAPTATION: LES BESOINS ET PROGRES NOTABLES

Dans une période où le GIEC présente (Novembre 2014) de nouveaux résultats sur l'évolution de climat (Stocker, 2014), ainsi que des axes d'adaptation (Field et al., 2014) et d'atténuation (Intergovernmental Panel On Climate Change, 2014), les institutions nationales (Stratégies de protection) et internationales (Directive Inondation en UE) œuvrent pour la mise en place de mesures devant limiter les impacts et améliorer la résilience des territoires. La Figure 8 montre l'état d'avancement des différentes mesures engagées de 7 pays représentatifs du bassin méditerranéen. Une certaine disparité Nord-Sud est ainsi observable, ainsi qu'un faible état d'avancement dans la normalisation des techniques alternatives et de l'aménagement urbain contrôlé (recul stratégique).



(1 : inexistant et non envisagé ; 2 : envisagé mais pas encore en place ; 3 : en cours d'élaboration et/ou mise en œuvre encore limitée, 4 : en place et mise en œuvre avancée ; 5 : en place et mise en œuvre très avancée)

Figure 8 : Stade de mise en œuvre de mesures d'adaptation pour la gestion du risque d'inondation dans 7 pays méditerranéens (source: Plan bleu 2011)

CONCLUSION

L'adaptation aux phénomènes d'inondation dans un contexte de changement climatique se révèle être un grand défi pour les villes de la Méditerranée. Celle-ci ne pourra être réalisée facilement "sans regret" sans une volonté de lier développement du cadre urbain, gestion du risque et gestion intégrée des ressources en eau. De nombreuses techniques existent et continuent de s'améliorer afin de donner des possibilités aux différents acteurs de cette gestion. Cependant, des efforts restent à faire sur l'acquisition de données pertinentes, particulièrement au Sud, et le développement d'outils d'aide à la décision pour fixer un cadre de mesures optimales et créer un consensus pouvant faciliter l'émergence de projets.

Des stratégies de lutte contre le risque inondation se mettent en place tout autour de la Méditerranée et ont pour objectif d'intégrer les effets du changement climatique à court terme (ONERC, 2009) en Europe. Localement, la gestion des épisodes de crues est déjà prise en compte dans certaines villes qui incluent des techniques alternatives dans leur projet d'urbanisation.

Une attention particulière doit être portée sur les zones péri-urbaines précaires des villes du Sud de la Méditerranée, dont les habitants sont les premières victimes des inondations.

Il est aussi important de rappeler que le bassin méditerranéen est une région culturellement riche et diversifiée, les coopérations internationales restent de véritables catalyseurs de projets grâce au partage de connaissances, d'expériences et à l'assistance financière.

Cependant, même si les mesures structurelles alternatives feront indéniablement partie du développement urbain du 21^e siècle, un bon diagnostic préalable des risques du territoire permettent de déterminer les meilleurs leviers d'action. Ainsi, il ne faut pas "se focaliser uniquement sur les solutions techniques d'adaptation : selon les cas, certains instruments institutionnels ou financiers peuvent s'avérer plus appropriés (par exemple assurances ou systèmes d'annonce de crue plutôt que des protections lourdes contre les inondations) et porteurs de beaucoup moins d'inertie et d'irréversibilité." (Plan bleu pour la Méditerranée., 2011)

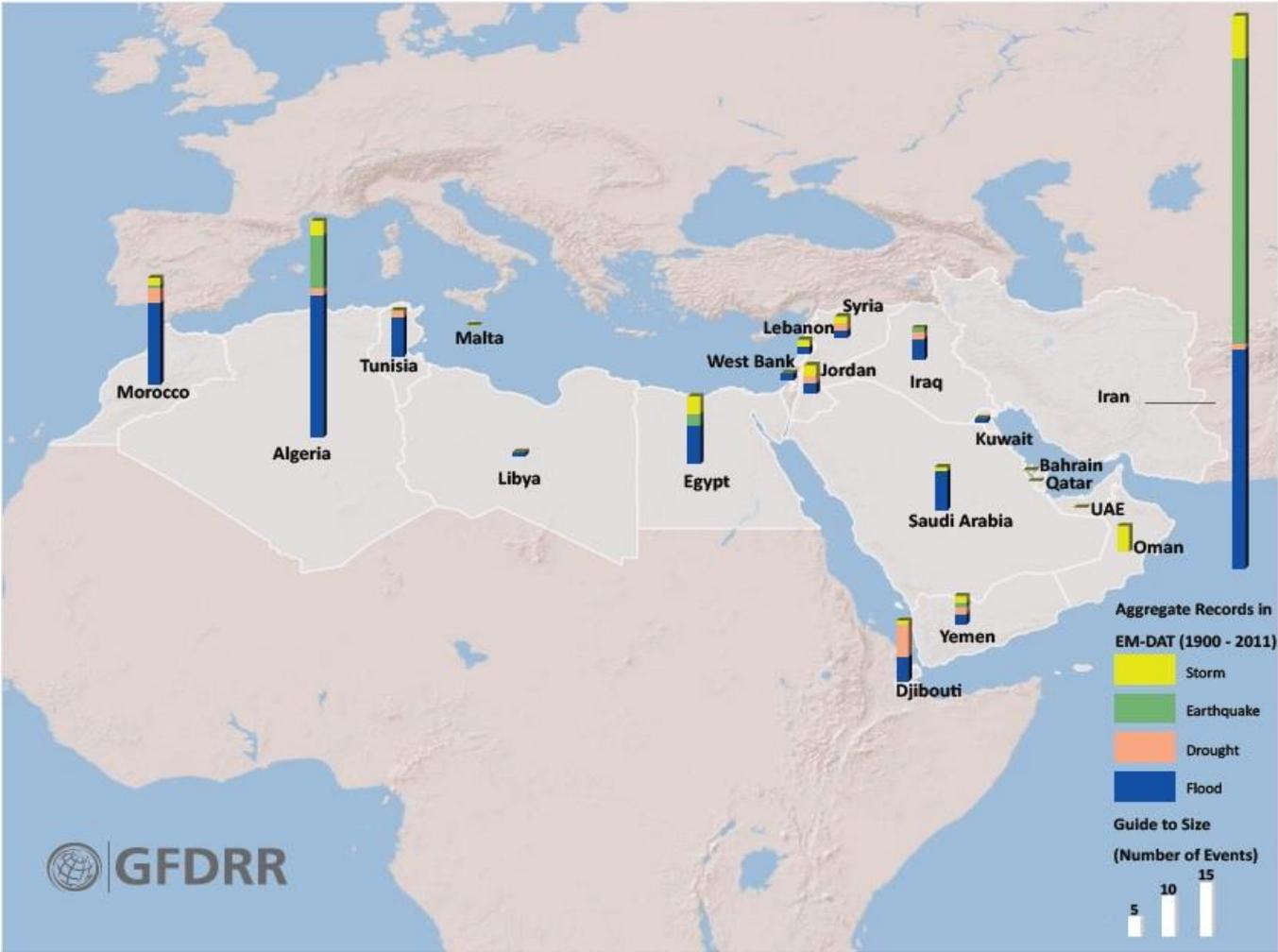
BIBLIOGRAPHIE

- AGIRE, GIZ, 2014. *Programme Agire*. Disponible sur Internet: <http://www.agire-maroc.org/communication/manuel-communication.html> [Consulté le 11/12/2014].
- Agrawala S., Fankhauser S., Organisation for Economic Co-operation and Development, 2008. *Economic aspects of adaptation to climate change: costs, benefits and policy instruments*. Paris, OECD, 133 p.
- Banque Mondiale, CMI, 2011. *Adaptation au changement climatique et aux désastres naturels des villes côtières d'Afrique du Nord*. Washington, Banque Mondiale, 142 p.
- Brémond P., 2011. *Caractérisation et évaluation économique de la vulnérabilité des exploitations agricoles aux inondations*. Montpellier, IRSTEA, 394 p.
- Castro-Fresno, D., Andrés-Valeri, V., Sañudo-Fontaneda L., Rodriguez-Hernandez J., 2013. Sustainable Drainage Practices in Spain, Specially Focused on Pervious Pavements. *Journal Water*, pp. 67-93.
- Centre Européen de Prévision du Risque d'Inondation, 2013. *La prise en compte du risque d'inondation dans les Schémas de Cohérence Territoriale*. Orléans, CEPRI, 76 p.
- Chocat B., 1997. *Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement*. Paris, Technique & Documentation-Lavoisier, 1124 p.
- CMI, 2014. *Cities and climate change*. Disponible sur Internet: <http://beta.cmimarseille.org/citiesclimatechange> [Consulté le 24/10/2014].
- Commission Européenne, 2014. *Des systèmes d'alerte aux inondations plus rapides et plus précis grâce à la recherche européenne*. Bruxelles, CE, 2 p.
- Conseil Regional Rhône-Alpes, 2006. *Pour la gestion des eaux pluviales : Stratégie et solutions techniques*. Charbonnières-les-bains, Conseil Régional Rhône-Alpes, 32 p.
- Cygler C., 2014. Eaux pluviales : vers une gestion intégrée et dynamique. *L'eau Magazine* 23, pp. 58-63.
- European Commission, 2014. *EU Life Programme*. Disponible sur Internet: <http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm> [Consulté le 11/08/2014].
- Field C.B. (Éd.), 2012. *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York, Cambridge University Press, 582 p.
- Field C.B., Barros V.R., Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group II, 2014. *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability*. New York, Cambridge University Press, 1150 p.
- Guerrieri L., 2002. *Adaptation strategies for improved flood management in the Mediterranean*. Athens, IUCN Mediterranean, 26 p.
- Intergovernmental Panel On Climate Change, 2014. *Climate change 2014: mitigation of climate change*. New York, Cambridge University Press, 750 p.

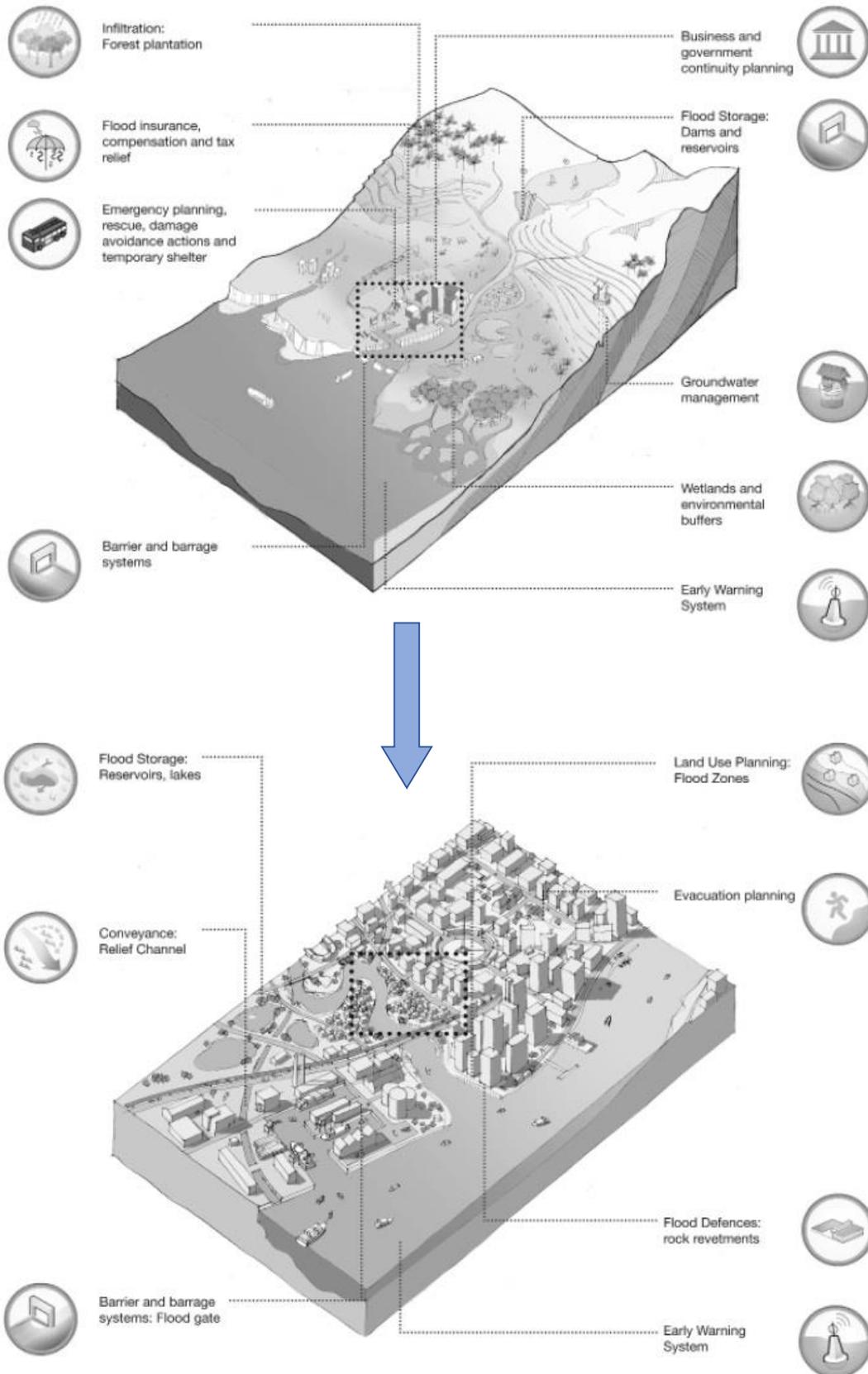
- Jha A.K., Bloch R., Lamond J., 2012. *Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century*. Washington, The World Bank, 638 p.
- Magnan A., Garnaud B., Billé R., Gemenne F., 2009. *La Méditerranée au futur : des impacts du changement climatique aux enjeux de l'adaptation*. Paris, IDDRI, 45 p.
- Maigne J., 2006. *La gestion durable des techniques alternatives en l'assainissement pluvial*. Montpellier, AgroParisTech, 13 p.
- Marti B., 2014. *Concilier aménagement urbain et gestion des eaux pluviales : l'expérience de la ville de Montpellier*. Montpellier, Agence de l'eau RMC, 15 p.
- Observatoire du Sahara et du Sahel, 2007. *Cartographie institutionnelle de l'adaptation en Afrique du Nord*. Tunis, OSS, 61 p.
- OMM, 2014. *Une Europe du Sud-Est résistante face aux risques naturels*. Disponible sur Internet: <http://www.wmo.int/pages/mediacentre/news/UneEuropeDuSud-Estresistantefaceauxrisquesnaturels.html> [Consulté le 25/11/2014].
- ONERC, 2009. *Livre blanc- Adaptation au changement climatique: vers un cadre d'action européen*. Bruxelles, Commission des communautés européennes, 17 p.
- Perales-Momparler S., Jefferies C., José Luis Muñoz-Bonet J. L., Peris-García P., Perigüell-Ortega E., 2013. *Inner-city SUDS retrofitted sites to promote sustainable stormwater management in the Mediterranean region of Valencia: AQUAVAL (Life+ EU Programme)*. Lyon, GRAIE, 10p.
- Plan bleu pour la Méditerranée, 2011. *Adaptation au changement climatique dans le secteur de l'eau en Méditerranée: situation et perspectives*. Valbonne, Plan bleu, 67 p.
- Poulard C., Berthier E., Breil P., Labbas M., Henine H., Hauchard E., Radzicki K., 2013. *Managing rainwater all the way down: what urban and rural practitioners can teach one another and do together*. Lyon, Novatech, 10 p.
- Provitolo D., 2002. Modélisation et simulation du risque d'inondation en milieu urbain méditerranéen. In: *5èmes rencontres de THEOQUANT*, Besançon, 22-23/02/2002. France, Les Nouvelles approches en géographie Théorique et Quantitative, pp. 1-12.
- Reporters, 2014. *Protection des villes algériennes contre les inondations: Une stratégie et un système d'alerte dans les plans*. Skikda, Reporters, 5 p.
- Stocker T. (Éd.), 2014. *Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York, Cambridge University Press, 1535 p.
- The World Bank, 2012. *Cities and Flooding. A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century*. Washington D.C., The World Bank, 635p.
- The World Bank, 2014. *Natural Disasters in the Middle East and North Africa: A Regional Overview*. Washington D.C., The World Bank, 114 p.
- UNISDR, WMO, 2014. *Building Resilience to Disasters in Western Balkans and Turkey*. Disponible sur Internet: <http://www.preventionweb.net/ipadrr/> [Consulté le 25/11/2014].

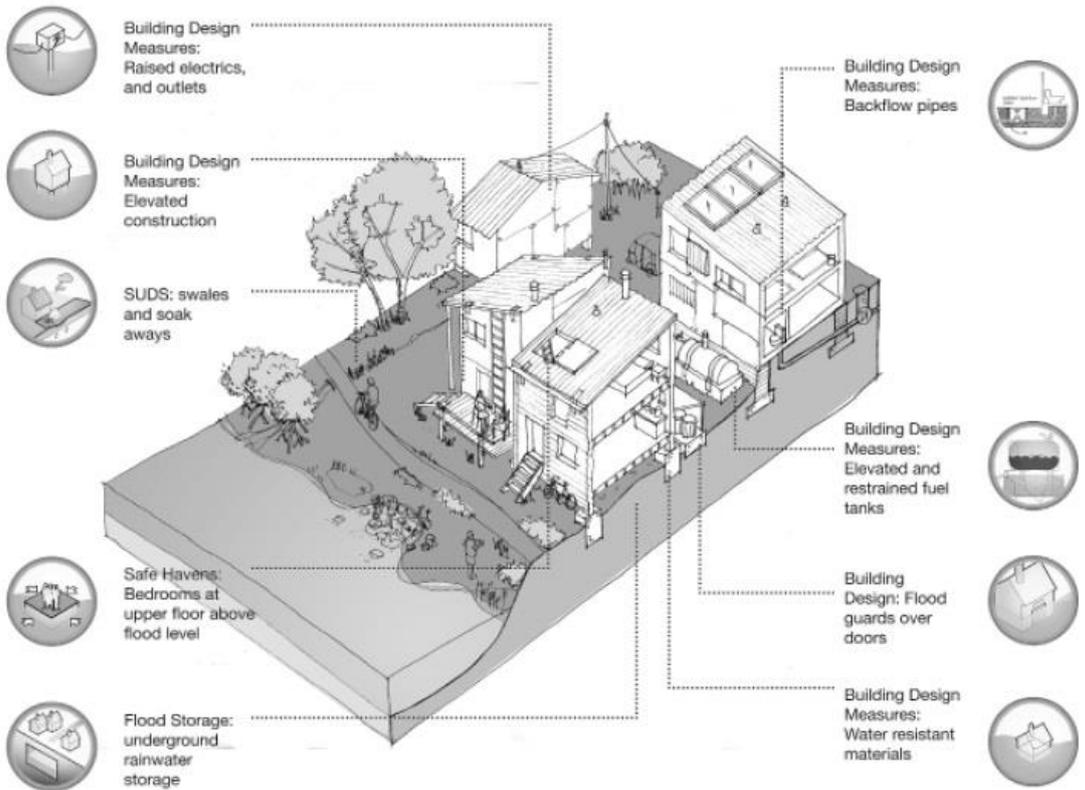
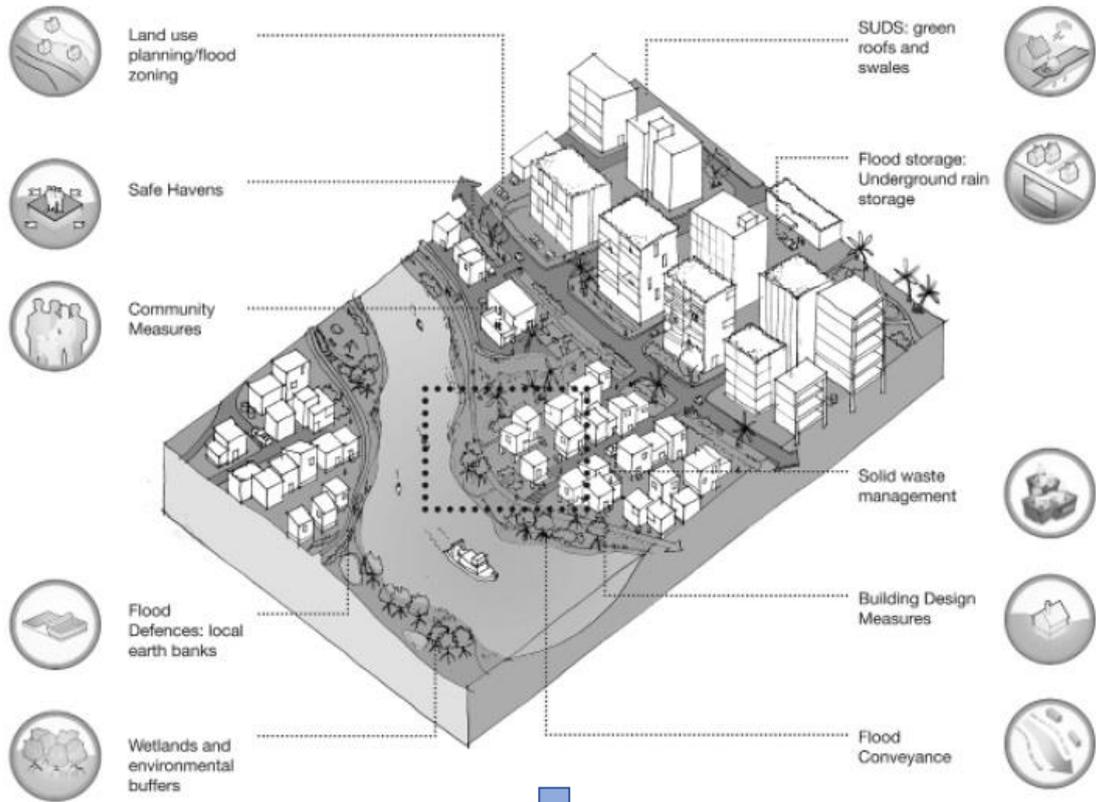
ANNEXES

ANNEXE 1 : NOMBRE DE CATASTROPHES NATURELLES EN AFRIQUE DU NORD ET MOYEN ORIENT



ANNEXE 2: LES MESURES DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS AUX DIFFERENTES ECHELLES D'UNE VILLE







648 rue Jean-François Breton – BP 44494
34093 MONPELLIER CEDEX 5

Tél. : (33) 4 67 04 71 00

Fax. : (33) 4 67 04 71 01

www.agroparistech.fr



*Office
International
de l'Eau*

15 rue Edouard Chamberland
87065 Limoges Cedex

Tél. (33) 5 55 11 47 80

Fax. (33) 5 55 11 47 48

www.oieau.org