

Risques d'inondation dans les sites de réfugiés : recueil des mesures d'atténuation



ETH zürich

SPUR
Spatial Development and Urban Policy



Co-converted by



 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC

**Risques d'inondation dans les sites de réfugiés :
recueil des mesures d'atténuation**



Risques d'inondation dans les sites de réfugiés : recueil des mesures d'atténuation

Développement spatial et politique urbaine, SPUR

ETH Zurich - Institute for Spatial and Landscape Development

Bruna Rohling, David Kostenwein, Mona Gairing, David Kaufmann

Geneva Technical Hub, organisé conjointement par le HCR et la DDC

Ammar Al-Mahdawi, Emilie Schmid, Eric Bardou

Experts externes

Mrudhula Koshy, Diego Bermúdez, Jonathan Parkinson

Mise en page et dessins

Santiago Beaumé, Paola Pabón

Citation :

Rohling, B., Kostenwein, D., Gairing, M., Kaufmann, D., Al-Mahdawi, A., Schmid, E., Bardou, E., *Risques d'inondation dans les sites de réfugiés : recueil des mesures d'atténuation*, ETH Zurich, UNHCR, 2023, Zurich.

DOI: 10.3929/ethz-b-000645680

ETH zürich

SPUR
Spatial Development and Urban Policy





Remerciements

Le recueil des mesures d'atténuation des risques d'inondation dans les sites de réfugiés a été élaboré en étroite collaboration par le HCR, la Direction suisse du développement et de la coopération (DDC) et l'ETH Zurich dans le cadre du Geneva Technical Hub. Le groupe de recherche sur le développement spatial et les politiques urbaines (SPUR) du professeur David Kaufmann, de l'ETH Zurich, a dirigé l'élaboration du recueil, qui a bénéficié par ailleurs du soutien inestimable de plusieurs collaborateurs. À cet égard, nous tenons à remercier Ammar Al-Mahdawi, du HCR, qui a dirigé ce projet. En outre, nous remercions chaleureusement nos agents de liaison et coordinateurs du projet, Emilie Schmid et Eric Bardou, pour leur soutien. Nous avons également bénéficié de la précieuse contribution de M^{me} Adrienne Grêt-Regamey, professeure titulaire de la Chaire de planification du paysage et des systèmes urbains (PLUS) de l'ETH Zurich, et de nos experts externes, Mrudhula Koshy, Diego Bermúdez et Jonathan Parkinson. Nous tenons à remercier nos graphistes, Santiago Beaumé Pantoja et Paola Pabón, pour les dessins et la mise en page de ce recueil, ainsi qu'André Eißer et son équipe de dotwerkstatt Berlin pour la mise en place de la plateforme en ligne. Nous remercions également l'équipe Sandec de l'Institut EAWAG, dirigée par Christoph Lüthi et Dorothee Spuhler, pour nous avoir fait bénéficier de son expérience en matière d'élaboration de recueils humanitaires. Enfin, nous remercions toutes les autres personnes, y compris nos étudiants de l'ETH Zurich Cara Tobin, Elise Van Middeltem, Erasmus Mseleku, Hazem Hreisha, Laura Schalbetter, Lara Sieger, Nadia Carlevaro, Nfamara K. Dampha, Philbert Mwumvane, qui ont contribué à ce recueil, ainsi que les responsables des sites et de l'hébergement du HCR qui mettent à l'essai et améliorent le projet, Philippe Reymond et Simon Landauer.

Résumé

À la mi-2022, on estimait à 103 millions le nombre de personnes déplacées de force dans le monde (UNHCR 2022). Ce nombre devrait augmenter en raison des changements climatiques, et les camps de réfugiés s'étendront donc probablement. En même temps, l'intensité et la fréquence des dangers naturels, notamment les inondations, augmentent. Les sites de réfugiés sont particulièrement menacés par ces événements perturbateurs en raison de la précarité de leur environnement bâti, de leur situation socioéconomique et de leur emplacement souvent isolé ou exposé aux inondations. La gestion des risques associés aux dangers naturels devient essentielle pour garantir des établissements humains durables et sûrs.

Face à ces défis, le HCR et la Direction suisse du développement et de la coopération (DDC) collaborent avec le Humanitarian Planning Hub du groupe de recherche SPUR et avec la Chaire de planification du paysage et des systèmes urbains (PLUS) de l'école polytechnique fédérale (ETH) de Zurich dans le cadre d'un projet mené par le Geneva Technical Hub. Le projet fournit une boîte à outils innovante pour l'atténuation des risques d'inondation dans les sites de réfugiés. La boîte à outils comprend trois parties intégrées :

1. Une méthodologie participative de cartographie des risques qui valorise et utilise les connaissances locales et favorise la coopération et les synergies avec les acteurs locaux.
2. Un système d'information géographique (complément SIG) facile à utiliser, qui sert d'outil complémentaire pour créer des cartes des risques d'inondation aux côtés de stratégies opérationnelles et pratiques d'atténuation des risques pour les sites de réfugiés.
3. Un recueil (en ligne) de mesures d'atténuation des risques d'inondation, accompagné de dessins techniques et de bonnes pratiques en la matière qui sont adaptées aux sites de réfugiés.

Le présent recueil vise à aider le personnel de terrain du HCR et de ses partenaires ainsi que d'autres praticiens en leur donnant une vue d'ensemble des mesures d'atténuation des risques d'inondation pouvant être prises dans les sites d'installation de déplacés/réfugiés. La sélection des mesures présentées dans le présent recueil et la structure de celui-ci n'a pas pour but de donner la priorité à certaines interventions ; il est au contraire recommandé de combiner plusieurs mesures. Le recueil est accessible en ligne (www.humanitarian-risk.org) et peut être imprimé au format PDF.

Il comprend deux parties principales. La Partie A présente la structure du document, les critères utilisés et la méthode de recherche, ainsi que les principaux thèmes et principes abordés dans le recueil. Chaque mesure répertoriée dans le recueil est classée sur la base d'un ensemble de critères qui peuvent également être sélectionnés dans l'outil stratégique d'atténuation des risques (complément SIG). Les critères aident à choisir les mesures jugées les plus appropriées en fonction des différents contextes et épisodes d'inondations dans les sites de réfugiés. Le recueil s'appuie sur le concept de gestion intégrée des risques, qui met l'accent sur la préparation et l'intervention face aux dangers naturels et le relèvement après une catastrophe. Toutefois, les mesures énumérées dans ce recueil concernent principalement les phases précédant une inondation, qui comprennent la prévention, la réduction et l'atténuation des risques d'inondation, et l'adaptation et la préparation face à ces risques. Bien qu'il existe de nombreux types d'inondations, ce recueil et l'outil SIG se concentrent sur les inondations pluviales, fluviales et côtières.

La Partie B constitue le cœur du recueil. Elle présente les mesures de manière systématique en fonction de cinq catégories principales. La première catégorie concerne les solutions de gestion de l'écoulement des eaux. La seconde a trait aux interventions relatives à la gestion des eaux de surface dans les sites d'installation de déplacés/réfugiés. La troisième explore les mesures d'adaptation des bâtiments et autres biens aux inondations. La quatrième concerne les mesures fondées sur la nature qui utilisent la restauration de la nature pour atténuer les risques d'inondation. Enfin, la cinquième catégorie introduit des processus non structurels, notamment le renforcement des capacités et la participation de la communauté de réfugiés à risque, qui visent à réduire le nombre de victimes en cas d'inondation dans les sites d'installation de déplacés/réfugiés.

Le recueil a été élaboré à partir d'une analyse documentaire systématique et de consultations menées auprès d'experts en matière d'atténuation des risques d'inondation et du secteur humanitaire. Les experts ont contribué à l'élaboration de ce recueil en fournissant des informations générales sur le sujet, en recommandant des ouvrages et en procédant à plusieurs révisions du document.

Table des matières

A. Introduction	12	[09] Collecte des eaux de pluie et bassins de rétention	44
1. Cadre du recueil	13	[10] Sol et chaussée perméables	46
1.1. Objectif et structure du recueil	13	III. Adaptation des bâtiments et autres biens	49
1.2. Classification des mesures d'atténuation	13	[11] Architecture surélevée	50
1.3. Méthodes	17	[12] Constructions amphibies	52
2. Principaux thèmes et principes	19	[13] Consolidation des structures	54
2.1. Planification de l'espace et gestion des risques naturels	19	[14] Barrières temporaires contre les inondations	56
2.2. Dangers et risques liés aux inondations	19	[15] Toits et murs verts	58
2.3. Types de risques d'inondation (sélection)	20	IV. Restauration de la nature	61
2.4. Le cycle de gestion intégrée des risques de catastrophes	20	[16] Zones humides	62
B. Liste des mesures d'atténuation	22	[17] Plantation d'arbres et préservation des forêts	64
Résumé : fiches d'évaluation des mesures d'atténuation des risques	23	[18] Gestion et restauration des dunes de sable	66
I. Gestion de l'écoulement des eaux	25	[19] Restauration des plaines inondables	68
[01] Barrages artificiels	26	V. Mesures non bâties et renforcement des capacités	71
[02] Barrages vernaculaires / non ouvragés	28	[20] Réinstallation et zones tampons	72
[03] Tubes et conteneurs géotextiles	30	[21] Préparation et renforcement des capacités	74
[04] Protection des berges (enrochement)	32	[22] Participation	76
[05] Murs de soutènement	34	Liste des figures	80
[06] Digue maritime et épis	36	Bibliographie	81
II. Gestion des eaux de surface	39		
[07] Systèmes de drainage	40		
[08] Rigoles de drainage biologiques et bassins d'infiltration	42		

A. Introduction

1. Cadre du recueil

1.1. Objectif et structure du recueil

L'objectif global de ce recueil est d'aider le personnel de terrain du HCR à avoir une vue d'ensemble des mesures d'atténuation des risques d'inondation applicables dans les sites de réfugiés. Les mesures d'atténuation concernent la phase précédant une catastrophe naturelle ou anthropique possible ou prévue. Pour réduire les risques d'inondation dans les sites de réfugiés, ce recueil présente 22 interventions accompagnées de dessins techniques ainsi que des bonnes pratiques issues de contextes informels ou humanitaires. Le choix des mesures et la structure du recueil ne visent pas à établir un ordre de priorité entre les interventions. Au contraire, il est recommandé de combiner diverses mesures complémentaires afin de garantir une atténuation des risques aussi efficace que possible. La Partie B du recueil présente les cinq catégories essentielles de mesures :

- les mesures de gestion de l'écoulement des eaux (catégorie I) ;
- les mesures de gestion des eaux de surface (catégorie II) ;
- les mesures d'adaptation des bâtiments et autres biens (catégorie III) ;
- les mesures de restauration de la nature (catégorie IV) ;
- les mesures non bâties et le renforcement des capacités (catégorie V)

La numérotation consécutive des mesures (de [1] à [22]) renvoie aux numéros utilisés dans l'outil stratégique d'atténuation des risques (complément SIG), lequel peut être utilisé en combinaison avec le recueil.

1.2. Classification des mesures d'atténuation

Pour qu'il soit plus facile de choisir les mesures les mieux adaptées à un contexte local spécifique et à une inondation particulière, chaque mesure a été classée sur la base d'un ensemble de critères. Ces critères sont présentés sous forme de tableau pour chaque mesure et sont également utilisés dans l'outil stratégique d'atténuation des risques (complément SIG). La plupart des critères sont accompagnés de sous-critères. Par exemple, dans le cadre du premier critère (Type d'intervention), l'un des quatre sous-critères (technique, fondée sur la nature, hybride, non structurelle) peut être choisi. Les critères et sous-critères sont les suivants :

Critères	Sous-critères
Type d'intervention	[technique, fondée sur la nature, hybride, non structurelle]
Échelle d'intervention	[logement-parcelle-îlot, site, supra-site]
Matériaux	[Non défini]
Impact environnemental	[Non défini]
Danger naturel ciblé	[inondation pluviale, inondation côtière/fluviatile]
Biens vulnérables ciblés	[bâtiments, transports, infrastructures techniques, couvert terrestre]
Type de stratégie	[réinstallation, réduction de l'ampleur du danger, réduction de la vulnérabilité des biens, réduction du nombre de victimes]
Délai de mise en œuvre	[court (1 jour - 1 mois), moyen (1 mois - 1 an), long (> 1 an)]
Durée de l'effet	[court terme (< 1 an), moyen terme (1 an - 10 ans), Long terme (> 10 ans)].
Coûts d'investissement	[faibles, moyens, élevés]
Coûts d'entretien annuels	[faibles (< 10 % de coûts d'investissement), moyens (10 - 50 %), élevés (> 50 %)].

La signification des sous-critères est expliquée plus en détail dans les sections suivantes.

Type d'intervention

a. Interventions techniques : il s'agit de la construction de structures, physiques et artificielles.

b. Interventions fondées sur la nature : elles consistent à appliquer des solutions fondées sur la nature dans les paysages urbains, côtiers et ruraux. Inspirées et soutenues par la nature, elles s'appuient sur les services fournis par les écosystèmes, également appelés «services écosystémiques ou contributions de la nature aux populations. Ces mesures permettent d'atténuer les risques par la restauration ou la conservation des écosystèmes, ce qui favorise simultanément la biodiversité globale et la capacité des écosystèmes de s'adapter aux changements climatiques. Les solutions fondées sur la nature peuvent être appliquées à petite ou à grande échelle.

c. Interventions hybrides : les mesures hybrides combinent les approches technique et fondée sur la nature. Bien que les solutions techniques et les solutions fondées sur la nature visant à réduire les risques naturels puissent répondre aux besoins de façon autonome, il est fortement recommandé de les combiner afin qu'elles combinent mutuellement leurs possibles faiblesses et permettent ainsi de répondre à tous les dangers de différentes ampleurs.

d. Interventions non structurelles : les mesures non structurelles sont des solutions non tangibles pour la gestion des risques naturels. Il peut s'agir du renforcement des capacités ou de la participation de la population à risque, de l'aménagement spatial et des politiques en la matière, ou de la planification de la réinstallation de tout ou partie d'un site d'installation de déplacés/réfugiés. La combinaison de mesures non structurelles et structurelles permet de répondre à un large éventail d'événements dangereux de différentes ampleurs.

Échelle d'intervention

a. Logement-parcelle-îlot : les interventions au niveau des logements et des îlots concernent les installations d'échelle relativement petite ayant trait à des éléments privés (par exemple, des abris, des latrines domestiques) et à des espaces semi-publics (par exemple, des voies de circulation, des points d'eau, des aires de lavage, des latrines communes).

b. Site : Les interventions au niveau du site sont des mesures à échelle moyenne qui couvrent une grande partie ou la totalité de la zone du site. Elles permettent de protéger le réseau de circulation à l'intérieur du site, les infrastructures techniques (par exemple les réseaux et sources d'eau potable, les réseaux d'eaux usées, les réseaux et centrales électriques, les aires de gestion des déchets) et les équipements publics (santé, nutrition, éducation, culture, administration, logistique). Elles protègent aussi les espaces publics naturels et ouverts à l'intérieur du périmètre du site, y compris les jardins communaux, les arbres et les marchés.

c. Supra-site : Les interventions menées à une l'échelle supra-site visent à atténuer les risques en amont et/ou en aval d'un site. Outre l'effet qu'elles ont sur le site lui-même, elles touchent les communautés voisines et les infrastructures d'importance régionale. Il s'agit notamment des routes et des ponts d'accès qui garantissent une accessibilité permanente, des infrastructures techniques qui fournissent des services de base et des équipements publics tels que les hôpitaux, les écoles ou les institutions administratives, entre autres. Les interventions au niveau supra-site concernent aussi les terres agricoles environnantes ainsi que les zones écologiques sensibles (forêts, zones humides, réserves naturelles, zones en amont et en aval).

Impact environnemental

L'impact environnemental des mesures d'atténuation concerne l'effet négatif ou positif d'une mesure sur l'environnement local. Il donne des informations sur, par exemple, l'empreinte CO₂ de la mesure, les dommages directs qu'elle cause à la biodiversité, aux habitats et aux écosystèmes environnants, ou la consommation de matériaux qu'elle entraîne. Dans de nombreux cas, l'élimination inadéquate des déchets, la déforestation et la surexploitation générale des ressources

naturelles, y compris l'épuisement et la pollution de l'air, des sols et des masses d'eau, peuvent menacer les moyens de subsistance des populations déplacées et des communautés d'accueil.

Risque naturel ciblé

a. Inondation pluviale : les inondations pluviales sont dues à des épisodes de fortes précipitations. Dans les environnements urbains ou bâtis, l'eau a tendance à inonder les rues et les étages inférieurs. Ce type d'inondation est souvent aggravé par l'absence ou la saturation de systèmes d'évacuation des eaux. Par rapport aux autres inondations, les inondations pluviales sont fréquentes et de courte durée (voir 2.3).

b. Inondation côtière/fluviale : les inondations fluviales se produisent lorsque la masse d'eau d'un cours d'eau dépasse les capacités de celui-ci et déborde. Elles sont principalement dues à de fortes précipitations sur une longue période, mais aussi à de grandes quantités de débris ligneux, à des embâcles et à la fonte des neiges dans des régions éloignées. Les inondations fluviales sont susceptibles de provoquer une inondation durable des terres touchées (voir 2.3).

Les inondations côtières inondent d'eau de mer des paysages secs et de faible altitude. Les principales causes des inondations côtières sont les ouragans, les ondes de tempête, les tsunamis, les grandes marées ou une combinaison de ces phénomènes météorologiques. En général, les inondations côtières ont un impact important (voir 2.3).

Biens vulnérables ciblés

Les biens vulnérables sont des éléments des sites de réfugiés qui sont susceptibles d'être endommagés en cas d'inondation, ce qui peut affecter les êtres humains, les infrastructures et les services écosystémiques et limiter les processus sociaux, économiques et opérationnels.

a. Bâtiments : Les biens vulnérables répertoriés sous la rubrique « Bâtiments » comprennent les logements résidentiels (individuels ou collectifs) et les services publics (établissements de santé et centres de nutrition, bâtiments administratifs et de sécurité (police), centres de distribution et entrepôts, établissements éducatifs tels que les écoles, installations culturelles/communautaires, y compris les centres pour les personnes ayant des besoins spécifiques, entre autres).

Les espaces ouverts qui intègrent des fonctions sociales, organisationnelles ou économiques importantes (par exemple, les espaces de rassemblement, les espaces utilisés pour les loisirs, les événements sociaux, les fonctions religieuses et les marchés) relèvent eux aussi du critère « Bâtiments ». Tout autre espace bâti ou non bâti considéré comme vulnérable par le personnel local et la communauté des réfugiés peut être ajouté à cette liste.

b. Transport : les biens vulnérables répertoriés sous la rubrique « Transport » comprennent les infrastructures de transport pour la mobilité interne et externe (routes et voies piétonnes internes, routes d'accès et ponts). Les routes d'accès (et les ponts correspondants) sont d'une importance capitale dans les sites de réfugiés, car de grandes quantités de marchandises sont « importées » de l'extérieur. Les voies piétonnes peuvent également servir d'itinéraire sûr pour l'évacuation en cas de dangers naturels ou anthropiques.

c. Infrastructures techniques : les biens vulnérables répertoriés sous la rubrique « Infrastructures techniques » comprennent les installations et les réseaux d'eau et d'assainissement, les systèmes d'évacuation des eaux et les infrastructures de communication. Les infrastructures particulièrement critiques comprennent les centrales et les réseaux électriques, ainsi que les infrastructures de stockage de l'eau (comme les réservoirs). Toute autre infrastructure jugée vulnérable par le personnel local et la communauté des réfugiés peut être ajoutée à la liste.

d. Couvert terrestre : Les biens vulnérables répertoriés sous la rubrique « Couvert terrestre » comprennent les terres dont l'utilisation est importante d'un point de vue socioéconomique et

environnemental. Il s'agit notamment des terres agricoles, du couvert végétal et des forêts de protection, ainsi que des zones écologiques sensibles. Tout autre couvert terrestre jugé vulnérable par le personnel local et la communauté des réfugiés peut être ajouté à la liste.

Type de stratégie

Les quatre types de stratégie mentionnés dans le présent recueil concernent la fonction principale ou l'objectif principal de chaque mesure (voir Fig. 01). Les quatre fonctions principales sont : a) la réinstallation totale ou partielle d'un site de réfugiés ; b) la réduction de l'ampleur du danger ; c) la réduction de la vulnérabilité des biens ; d) la réduction du nombre de victimes.

a. Réinstallation : une stratégie du type « réinstallation » permet de déplacer tout ou partie d'un site vers un autre lieu. Les composantes de cette stratégie comprennent la planification ou le zonage du site. Par exemple, une intervention possible dans le cadre d'une réinstallation consiste à ajouter des zones tampons (voir catégorie V).

b. Réduction de l'ampleur du danger : la réduction de l'ampleur du danger concerne aussi bien les inondations pluviales que les inondations fluviales et côtières. Les composantes de cette stratégie concernent les zones inondées et celles recouvertes de sédiments. Il peut s'agir de mesures telles que le détournement des crues (voir catégorie I), la gestion des eaux de surface (voir catégorie II) ou la restauration de la nature (voir catégorie IV).

c. Réduction de la vulnérabilité des biens : ce type de stratégie vise à réduire la vulnérabilité des biens et concerne les biens publics et privés. Il peut s'agir de mesures relatives à la gestion des eaux de surface et aux systèmes d'évacuation des eaux (voir catégorie II) ou à l'adaptation des bâtiments et autres biens (voir catégorie III).

d. Réduction du nombre de victimes : la réduction du nombre de victimes fait appel des éléments tels que la prévision des risques, la sensibilisation et la mise en place de voies d'évacuation et de zones sûres (voir catégorie V). Cela conduit à prendre des mesures telles que l'éducation aux systèmes d'alerte rapide ou la construction d'abris communautaires sûrs.

Délai de mise en œuvre

Le délai de mise en œuvre désigne le temps nécessaire à la mise en œuvre de mesures structurelles ou à la préparation d'interventions non structurelles.

a. Les processus de mise en œuvre de courte durée se déroulent en l'espace d'un jour à un mois.

b. Les processus de mise en œuvre de durée moyenne se déroulent en l'espace d'un mois à un an.

c. Les processus de mise en œuvre de longue durée durent plus d'un an.

Durée de l'effet

La durée de l'effet d'une intervention désigne le temps que celle-ci est susceptible de durer (avec un entretien régulier). Dans le cas de mesures non structurelles, il peut s'agir de la durée d'une procédure.

a. Les mesures et processus à court terme durent jusqu'à un an.

b. Les mesures et processus à moyen terme durent entre un an et une décennie.

c. Les mesures et processus à long terme durent plus d'une décennie.

Coûts d'investissement

Les coûts d'investissement font référence aux ressources financières nécessaires à l'élaboration et à la mise en œuvre des mesures. Étant donné que les coûts dépendent fortement du contexte, les estimations de coûts fournies dans ce recueil sont basées sur diverses bonnes pratiques. Il est à noter que le coût d'une mesure dépend fortement des quantités mises en œuvre.

a. Faibles : les interventions à faible coût comprennent les mesures ou les procédures dont le coût est abordable.

b. Moyens : les interventions à coût moyen comprennent les mesures ou les procédures qui se situent dans une fourchette de coûts raisonnable.

c. Élevés : les interventions à coût élevé comprennent les mesures ou les procédures à forte intensité de coûts.

Coûts d'entretien annuels

Les coûts d'entretien des mesures font référence aux ressources financières annuelles nécessaires à l'évaluation et à l'entretien réguliers de la mesure une fois celle-ci mise en place.

a. Faibles : les coûts d'entretien faibles correspondent à des coûts inférieurs à 10 % des coûts d'investissement totaux de l'intervention.

b. Moyens : les coûts d'entretien moyens correspondent à des coûts qui représentent entre 10 % et 50 % des coûts d'investissement totaux de l'intervention.

c. Élevés : les coûts d'entretien élevés sont ceux qui représentent plus de 50 % des coûts d'investissement totaux de l'intervention.

1.3. Méthodes

Le recueil a été élaboré à partir d'une analyse documentaire systématique et de consultations menées auprès d'experts.

Analyse documentaire

L'objectif de cette analyse était de déterminer des mesures applicables à l'échelle mondiale et des bonnes pratiques issues de contextes locaux similaires à ceux des sites de réfugiés. Les recherches universitaires et documentaires ont été menées dans le but de trouver un ensemble diversifié de mesures structurelles et non structurelles (allant d'interventions techniques, fondées sur la nature et hybrides jusqu'à des interventions en matière de procédures) pouvant varier en fonction de leur complexité technique, de leur échelle, des matériaux de construction utilisés, de leur accessibilité financière et de leur calendrier.

Consultation d'experts externes

Des experts en atténuation des risques d'inondation et du secteur humanitaire ont contribué à l'élaboration de ce recueil de deux façons. Il ont tout d'abord contribué à la sélection de mots-clés pour les recherches documentaires, fourni des informations sur le sujet et recommandé certains ouvrages comme point de départ de ces recherches. Ils ont ensuite évalué et vérifié les résultats des recherches documentaires, et ont procédé à plusieurs révisions du recueil.

Arbre de décision relatif au type de stratégie correspondant aux mesures d'atténuation des risques

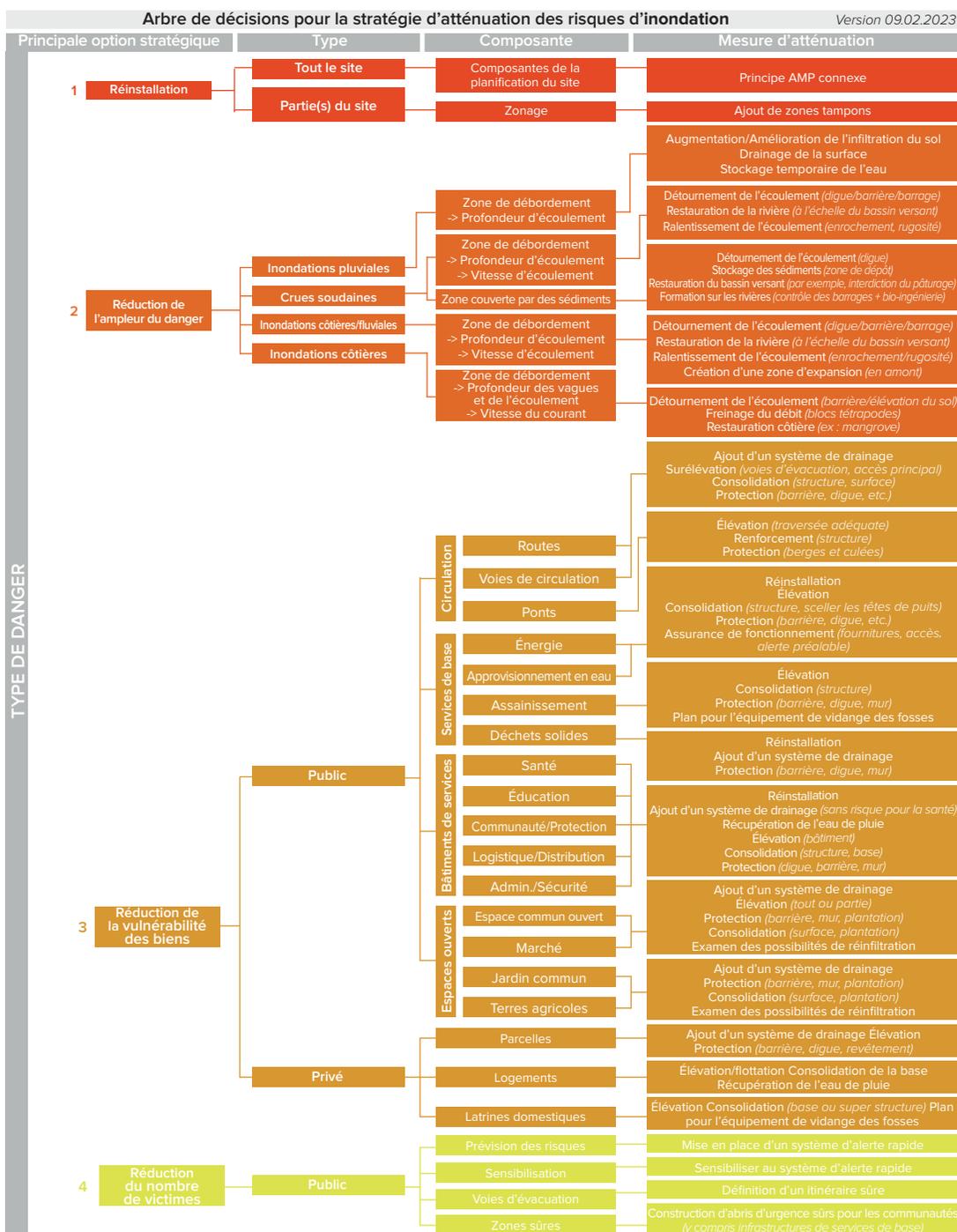


Fig. 01. Arbre de décision pour l'atténuation des risques d'inondation dans les sites de réfugiés du HCR. Emilie Schmid et Nadia Carlevaro, 2023, UNHCR.

2. Principaux thèmes et principes

2.1. Planification de l'espace et gestion des risques naturels

La planification de l'espace joue un rôle essentiel dans la gestion des risques naturels en ce qu'elle permet de décider de l'utilisation présente et future des terres. Dans cette optique, les plans d'utilisation des terres, les permis de construire, les cartes de risques et les évaluations régulières des risques sont des instruments de planification essentiels pour faire face aux dangers naturels dans les sites des réfugiés. Dans le cadre des plans d'occupation des sols, les cartes de risques permettent de définir des zones menacées afin de déterminer les mesures adéquates à prendre face aux dangers naturels. Les cartes regroupent l'intensité (faible, moyenne, élevée) des dangers et leur fréquence (période de retour : par exemple, tous les 10, 50 ou 100 ans) sous la forme d'une matrice.

Planification de l'espace au niveau des îlots et du site

Au niveau des îlots d'un site d'installation de déplacés/réfugiés, trois éléments de planification essentiels doivent être pris en compte pour réduire les risques d'inondation :

1. les espaces ouverts semi-publics ;
2. la disposition des groupements communautaires ;
3. les mesures à caractère privé pour les parcelles et les logements.

À l'échelle du site, trois autres éléments de planification sont essentiels pour réduire les risques d'inondation :

1. les zones de transport (et les zones de circulation) ;
2. les espaces ouverts publics ;
3. les équipements publics.

Les principales mesures d'atténuation prises au niveau des îlots et du site sont les suivantes :

1. la gestion des eaux de surface et des systèmes de drainage (voir catégorie II) ;
2. l'élévation, la consolidation et la protection des parcelles, des espaces et des biens (voir catégorie III) ;
3. la planification de voies d'évacuation et de refuges communautaires (voir catégorie V) ;
4. La réinstallation de parcelles ou de l'ensemble du site (voir catégorie V) ;
5. le zonage et création de zones tampons (voir catégorie V).

2.2. Dangers et risques liés aux inondations

Un risque naturel est un phénomène météorologique qui peut entraîner des dommages physiques et environnementaux, des blessures ainsi que des pertes en vies humaines et socioéconomiques. Environ un tiers des dangers naturels survenant dans le monde sont liés aux inondations et représentent le plus grand nombre de pertes économiques par rapport aux autres dangers naturels.

Les inondations relèvent des risques hydrométéorologiques et sont donc fortement liées au cycle hydrologique (voir 2.3). Le cycle comprend plusieurs phases : a) l'évapotranspiration ; b) l'infiltration dans la surface du sol ; c) l'infiltration profonde dans le sol ; d) le ruissellement à partir des masses d'eau. Toutefois, l'évolution du climat et le réchauffement de la planète entraînent une augmentation de l'énergie dans le système terrestre. Il en résulte une évapotranspiration plus importante et la formation de nuages plus condensés. Cela provoque des précipitations de forte intensité, de longue durée ou fréquentes, qui augmentent les risques d'inondation.

La combinaison des caractéristiques de l'évènement dangereux, de l'exposition et de la vulnérabilité définit les risques associés à un danger naturel. Plus les personnes, les écosystèmes ou les biens matériels sont exposés au danger, plus leur vulnérabilité augmente et plus le risque général est élevé. Les caractéristiques d'une inondation comprennent le type d'inondation, son intensité, sa profondeur, sa période de retour, sa durée, sa vitesse de ruissellement et sa rapidité d'apparition. Les inondations ne se produisent pas à intervalles réguliers ; elles peuvent se déclencher soudainement (par exemple, les crues soudaines) ou évoluer sur plusieurs semaines. Les inondations doivent donc être comprises et abordées comme un phénomène multirisque. En effet, elles combinent souvent plusieurs types d'inondations (voir 2.3) et tendent à provoquer des effets couplés, tels que des précipitations intenses qui déclenchent des glissements de terrain.

2.3. Types de risques d'inondation (sélection)

Les inondations relèvent du sous-groupe hydrologique des dangers naturels. Elles sont de plusieurs types : inondations pluviales, côtières et fluviales, crues soudaines, embâcles, inondations des eaux souterraines, des estuaires, des étangs et des eaux de surface, fonte des neiges et inondations par débordement de lacs glaciaires. Ce recueil et outil stratégique d'atténuation des risques d'inondation se concentre sur les inondations pluviales, fluviales et côtières, comme présenté ci-dessous (voir Fig. 02).

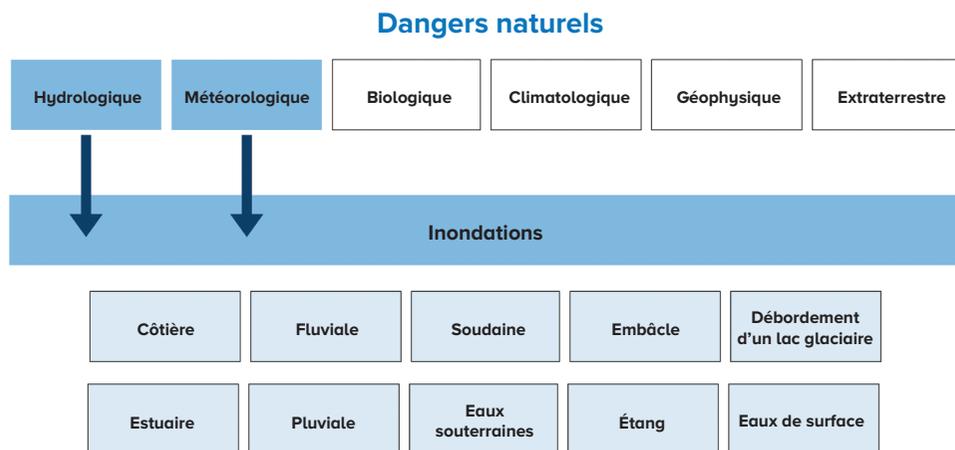


Fig. 02. Vue d'ensemble des dangers naturels et des types d'inondations Élaboré par les auteurs en 2022 d'après UNISDR 2017 et APFM 2017.

Inondations pluviales

Les inondations pluviales se produisent en raison de fortes précipitations et d'une infiltration insuffisante dans le sol. Elles ne sont pas liées au débordement d'une masse d'eau particulière, comme un lac ou une rivière. Lorsqu'elles se produisent dans des environnements urbains ou bâtis, les inondations pluviales sont souvent aggravées par la saturation des systèmes de drainage ou l'absence de tels systèmes. Par rapport à d'autres inondations, les inondations pluviales ont une fréquence élevée et sont généralement de courte durée, ce qui peut avoir des conséquences négatives sur la société et l'économie locales.

Inondations fluviales

Les inondations fluviales se produisent lorsqu'une masse d'eau dépasse ses capacités hydrauliques. Cela est principalement dû à de fortes précipitations sur une longue période, mais la fonte des neiges ou les embâcles peuvent également provoquer cette augmentation de la hauteur d'écoulement. Les terres touchées peuvent demeurer inondées pendant des semaines, voire des mois. En raison de leur extension spatiale potentielle, les inondations fluviales peuvent toucher de vastes zones et causer des pertes socioéconomiques considérables.

Inondations côtières

Les inondations côtières inondent d'eau de mer des paysages secs et de faible altitude. Les principales causes des inondations côtières sont les tsunamis, les ouragans, les ondes de tempête et les grandes marées. Une combinaison de ces événements est également possible. Les inondations côtières se caractérisent en général par les graves conséquences qu'elles entraînent du fait de l'importance de leur profondeur, de leur vitesse d'écoulement et des vagues qu'elles provoquent (APFM 2017, p. 4) et, à l'exception des ouragans, elles ont tendance à se produire

avec des phases d'alerte très courtes. Les inondations côtières provoquées par les tsunamis et les ouragans entraînent un taux de mortalité élevé.

2.4. Le cycle de gestion intégrée des risques de catastrophes

Pour prévenir ou réduire les dommages pouvant être causés par des dangers naturels à l'intérieur et autour des sites de réfugiés, il est nécessaire de procéder à une évaluation continue des plans et des mesures spatiales liées aux risques. Le cycle de gestion intégrée des risques s'est avéré être un cadre bénéfique pour la planification de l'espace dans le contexte des risques d'inondation. Ce recueil s'appuie donc sur le concept de gestion intégrée des risques (GIR) de catastrophes. La gestion des risques vise à renforcer la sécurité face aux événements dangereux. Le processus devient intégré lorsque des mesures sont envisagées et combinées pour les trois phases du cycle itératif de la GIR :

1. Préparation
2. Intervention (immédiate)
3. Relèvement (à long terme)

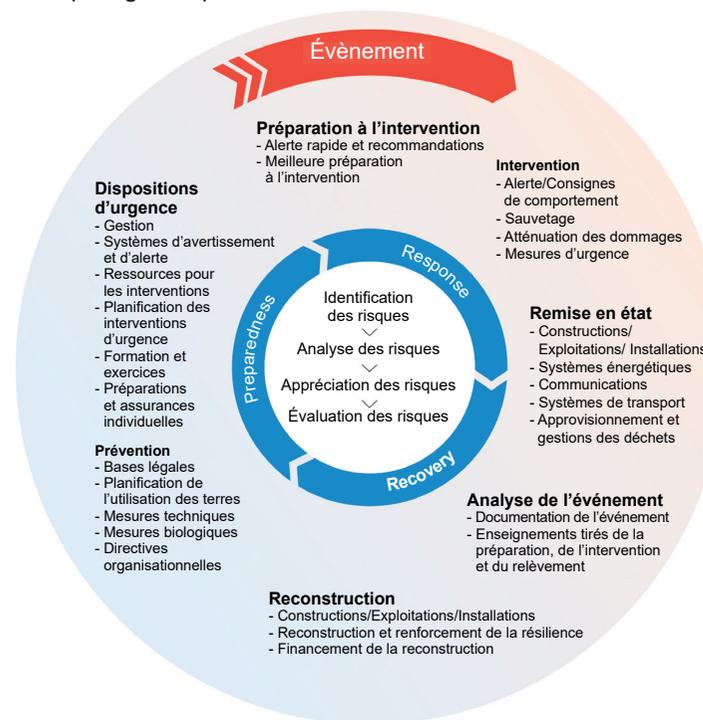


Fig. 03. Le cycle itératif de la gestion intégrée des risques Office fédéral de la protection de la population (OFPP), 2019.

Globalement, le cycle de la GIR implique un processus itératif. Cela signifie qu'une fois que l'évènement dangereux s'est produit, le cycle recommence sur la base d'une surveillance continue des risques et d'une adaptation à ces risques. Ces dernières décennies, l'idée sur laquelle repose le cycle a marqué un tournant dans la gestion des risques : au lieu de se concentrer sur l'intervention et le relèvement pendant et après un évènement, l'accent est mis aujourd'hui sur la préparation, l'atténuation et la prévention. Toutefois, il est également tenu également compte des enseignements tirés de la planification de l'espace dans le cas de catastrophes qui se sont déjà produites (par exemple, en ce qui concerne l'adéquation des cartes de risques).

Un autre élément essentiel de la GIR est le dialogue et la participation de tous les acteurs responsables de la planification et de la mise en œuvre de mesures adéquates à toutes les étapes. Bien que cela ne soit souvent pas possible dans le contexte des sites d'installation de déplacés/réfugiés, des stratégies de réduction des risques et des mesures adéquates devraient être mises en œuvre à tous les niveaux, des entités nationales aux entités municipales. Dans ce contexte, des directives générales sur la gestion des risques de catastrophes devraient être décidées au niveau national et régional afin d'informer les plans directeurs des villes ou des sites d'installations. Au niveau municipal, les plans d'occupation des sols permettent de prendre en compte les propriétaires fonciers et de distinguer les zones constructibles et non constructibles.

Préparation et atténuation

Les programmes et mesures de préparation visent à atteindre un niveau de préparation suffisant pour répondre à toute situation d'urgence qui pourrait survenir (APFM 2017, p. 9). Le terme « atténuation », tel qu'il est utilisé dans ce recueil, concerne également la phase précédant un événement dangereux. Dans son cinquième rapport d'évaluation, publié en 2014, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC/GIEC) définit l'atténuation comme la « réduction des répercussions néfastes que pourraient avoir les dangers physiques [...] par des mesures visant à réduire ces dangers, l'exposition et la vulnérabilité » (IPCC/GIEC 2014, p. 1769). Pour éviter toute confusion, il convient de noter que, dans le contexte des changements climatiques, l'atténuation est définie autrement et désigne « la réduction des émissions de gaz à effet de serre qui sont à l'origine du changement climatique » (UNDRR 2020). Dans le cycle de la GIR, la phase de préparation comprend la prévention basée sur la planification de l'utilisation des terres, les mesures techniques et fondées sur la nature et les processus organisationnels. Cette phase comprend également des dispositions d'urgence telles que des systèmes d'alerte rapide, le renforcement des capacités ou la préparation des individus.

Intervention

La phase d'intervention fait référence aux mesures immédiates prises face à un événement dangereux avant, pendant et directement après l'événement. L'objectif est de répondre aux besoins de base, d'améliorer la santé et de sauver des vies pendant une situation d'urgence jusqu'à ce que l'on ait le temps et la possibilité de mettre en place des solutions plus complètes pendant la phase de relèvement.

Relèvement

La phase de relèvement a lieu après que le danger s'est produit et a laissé son empreinte. Cette phase concerne la réparation, la restauration et la reconstruction des moyens de subsistance, des écosystèmes et des infrastructures. En outre, le relèvement comprend l'analyse de l'événement dangereux afin d'en tirer des leçons pour améliorer la prévention et la préparation face aux événements futurs et réduire des vulnérabilités. L'objectif de cette phase est de fournir aux communautés locales et à l'environnement local les ressources nécessaires pour retrouver un niveau similaire ou, de préférence, meilleur qu'avant l'événement (Kreibich *et al.* 2015, p. 968).

B. Liste des mesures d'atténuation

Résumé. Fiches d'évaluation des mesures d'atténuation des risques

N°	Mesure	Impact environnemental	Protection contre les risques	Durabilité	Accessibilité financière
[01]	Barrages artificiels	2	2	3	1 (dont coûts élevés d'entretien)
[02]	Barrages vernaculaires et non ouvragés	2	2	1	2
[03]	Tubes et conteneurs géotextiles	3	2	2	3
[04]	Protection des berges (enrochement)	2	3	3	2
[05]	Digues maritimes et épis	1	2	3	1 (dont coûts élevés d'entretien)
[06]	Systèmes de drainage (naturels et de faible technicité)	3	2	2	3
[07]	Systèmes de drainage (haute et moyenne technicité)	2	3	3	2
[08]	Rigoles de drainage biologiques et bassins d'infiltration	3	1 ou 2	2	3
[09]	Collecte des eaux de pluie et bassins de rétention	3	2	2	3
[10]	Sol et chaussée perméables	3	1	2	2
[11]	Architecture surélevée	3	3	2	2
[12]	Constructions amphibies	2	2	2	2 (dont coûts élevés d'entretien)
[13]	Consolidation des structures	2	2	1	2
[14]	Barrières temporaires contre les inondations	2	1	1	3
[15]	Toits et murs verts	3	1	2	2
[16]	Zones humides	3	2	3	2
[17]	Plantation d'arbres et préservation des forêts	3	2	3	2
[18]	Gestion et restauration des dunes de sable	3	2	2	2
[19]	Restauration des plaines inondables	3	2	3	1
[20]	Réinstallation et zones tampons	1	3	3	1
[21]	Préparation et sensibilisation	3	2	2	3
[22]	Cartographie des risques et planification participative	3	3	3	3

Notes la plus basse	1
Note moyenne	2
Note la plus élevée	3

Exemples de notation :

Une note de 3 sur 3 dans la catégorie « Impact environnemental » indique un faible impact sur l'environnement ;
 Une note de 3 sur 3 dans la catégorie « Protection contre les risques » indique un haut niveau de protection ;
 Une note de 3 sur 3 dans la catégorie « Durabilité » indique que les mesures prises sont durables ;
 Une note de 3 sur 3 dans la catégorie « Accessibilité financière » indique des coûts faibles et un rapport coût-efficacité élevé.

I. Gestion de l'écoulement des eaux

Introduction et résumé : gestion de l'écoulement des eaux

Les mesures liées à la gestion de l'écoulement des eaux visent à réduire l'ampleur d'une inondation en détournant ou en ralentissant le débit d'eau. Elles permettent de répartir le pic de l'écoulement. Les infrastructures peuvent être construites en amont ou en aval du lieu à protéger, limitant ainsi la quantité d'eau arrivant jusqu'au site. Elles peuvent également être mises en place le long des berges d'un plan d'eau afin d'éviter les débordements, l'érosion et les éventuels glissements de terrain.

Les infrastructures de gestion de l'écoulement des eaux peuvent être des protections temporaires contre les inondations (voir mesure [14]) ou des constructions permanentes. Les structures peuvent être des ouvrages d'art ou des structures plus simples, notamment les solutions vernaculaires et naturelles. Ce chapitre présente six mesures envisageables :

1. **Barrages artificiels** (voir mesure [01])
2. **Barrages vernaculaires et non ouvragés** (voir mesure [02])
3. **Tubes et conteneurs géotextiles** (voir mesure [03])
4. **Protection des berges (enrochement)** (voir mesure [04])
5. **Murs de soutènement** (voir mesure [05])
6. **Dignes maritimes et épis** (voir mesure [06])

En général, il est fortement recommandé de combiner les interventions techniques avec des interventions non techniques et des interventions fondées sur la nature afin de garantir l'efficacité maximale des mesures d'atténuation.

01 | Barrages artificiels

Impact environnemental	2/3
Protection contre les risques	2/3
Durabilité	3/3
Accessibilité financière	1/3

Introduction

Les barrages, les digues et les levées sont des structures artificielles dotées d'un noyau imperméable (ce qui, dans la plupart des cas, les différencie des barrages vernaculaires) qui permettent de lutter contre les inondations et de protéger les zones bâties et agricoles. Ils sont généralement situés le long ou en travers de rivières, de deltas ou de littoraux (voir mesure [06]).

Barrages

Les barrages sont des barrières artificielles, généralement de grande taille, qui permettent le contrôle et le stockage de l'eau, et l'approvisionnement en eau en période de sécheresse. Ils peuvent également retenir d'autres liquides, comme des eaux usées. Ils sont souvent équipés de systèmes de contrôle complexes (par exemple, des déversoirs ou des vannes de contrôle). Ce recueil n'aborde pas les barrages destinés à la production d'hydroélectricité.

Digues et levées

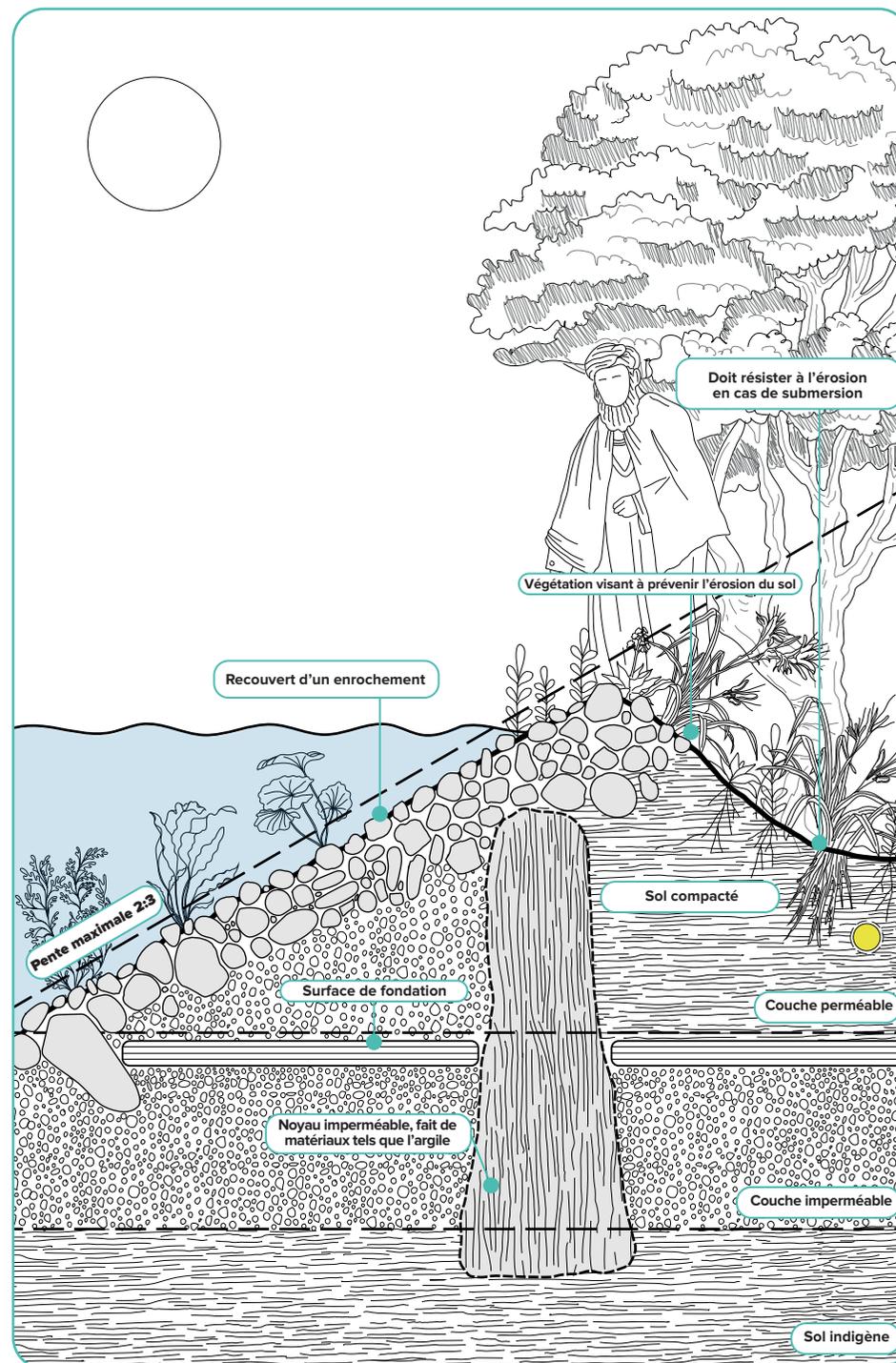
L'objectif principal des digues et des levées (également appelées remblais) est de servir de barrière pour détourner, rediriger ou confiner des eaux de crue. Contrairement aux barrages, les digues et les levées ne comportent généralement pas de mécanisme complexe de contrôle de l'eau. Il existe également des types de digues et de levées non ouvragés qui ne comportent pas de noyau imperméable (voir mesure [02]). Le noyau imperméable, qui est construit plus profondément que la base de la digue, vise à éviter l'infiltration de l'eau dans le sol. La crête et le mur intérieur doivent être conçus (au moins à certains endroits stratégiques) pour résister à la submersion, ce qui permet d'éviter un effondrement total de la digue lors d'une inondation. En outre, les conteneurs et tubes géotextiles sont de plus en plus utilisés comme forme hybride de remblai ou pour soutenir la structure des barrages, des digues ou des levées (voir mesure [03]). Notez que l'objectif de la digue est en contradiction avec les nécessités de drainage (voir mesure [07]) ; les digues doivent donc être conçues avec soin.

Barrages de retenue

Les barrages de retenue sont un type de barrage plus simple qui consistent en une barrière en travers de canaux ou de rivières. Ils visent à réduire l'érosion et l'accumulation de sédiments, ainsi qu'à fixer l'axe du cours d'eau lors d'une crue. Toutefois, contrairement aux autres barrages et digues, les barrages de retenue fonctionnent en permanence et ne servent pas uniquement en cas d'inondation. Des structures en bois et des murs de soutènement en gabion peuvent également être utilisés comme barrages de retenue (voir mesure [05]).

Avantages et risques

En général, la construction de barrages, de digues et de levées doit tenir compte des effets des changements climatiques et des événements hydrologiques qui y sont liés. La rupture d'un barrage peut provoquer de graves inondations. Pour garantir la sécurité des barrages, il est essentiel d'appliquer des plans structurels, opérationnels et d'urgence. Les grands barrages en béton nécessitent une surveillance et un entretien relativement importants. Le risque de défaillance peut donc être plus élevé dans le cas de petits barrages, en raison de normes d'entretien et de conception parfois négligées.



Bonne pratique

Construction d'une digue le long du Nil Blanc, Soudan du Sud

En 2021, de fortes pluies ont provoqué de graves inondations et l'effondrement d'une digue le long du Nil Blanc. L'incident a dévasté la ville sud-soudanaise de Bor, située à l'est des zones humides du Nil Blanc. La plupart des habitants de la ville ont perdu leurs maisons et leurs champs agricoles. En réponse à cette situation, les jeunes de Bor ont été invités à réparer environ 90 points de la digue à l'aide de sacs de sable. En outre, une nouvelle digue de 9,4 km a été construite à l'aide d'excavateurs, tandis que les remblais existants ont été renforcés. Enfin, des comités communautaires de gestion des risques de catastrophes ont été mis en place et leurs membres ont été formés à la préparation aux situations d'urgence, et dotés d'outils pour y faire face (Loyce 2021).

Aperçu des critères

Type d'intervention :

Technique

Échelle d'intervention :

Site, supra-site

Matériaux :

1. Béton, roche, remblai, bois d'œuvre, gravier, sable, acier (pour les barrages)
2. Remblai, sol compacté, bois, sable, argile, béton, bois d'œuvre, acier, roches, gravier, enrochement (pour les digues et les levées)

Impact environnemental :

En fonction de la taille, du type et de l'emplacement d'un barrage, d'une digue ou d'une levée, la structure peut entraîner la perte d'écosystèmes et d'habitats, la submersion de vastes étendues de terre, la perturbation de l'écoulement naturel de l'eau et de la qualité de l'eau, et la fragmentation des systèmes fluviaux.

Danger naturel ciblé :

Inondations côtières/fluviales

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments, transports, couvert terrestre

Type de stratégie :

Réduction de l'ampleur du danger

Délai de mise en œuvre :

Long (> 1 an)

Durée de l'effet :

Long terme (> 10 ans)

Coûts d'investissement :

Élevés

Coûts d'entretien annuels :

Moyens (10-50 %).

Forestry Blog (2023)

Different Types of Check Dams & Design Procedures.
Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://forestryblog.com/different-types-of-check-dams/>

Loyce, Nabie (2021)

Construction of Dike Brings Hope to Flood-Affected Communities in Bor, OIM Soudan du Sud.
Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://southsudan.iom.int/stories/construction-dike-brings-hope-flood-affected-communities-bor> (mise à jour 29/09/2023:55:10).

Martinez, Maria ; Bakheet, Ramez ; Akib, Shatirah (2021)

Innovative Techniques in the Context of Actions for Flood Risk Management: A Review.
Dans : Eng 2 (1), p. 1-11. DOI: 10.3390/eng2010001.

Ward, Philip J. ; Ruiter, Marleen C. de ; Mård, Johanna ; Schröter, Kai ; van Loon, Anne ; Veldkamp, Ted et al. (2020)

The need to integrate flood and drought disaster risk reduction strategies. Dans : Water Security 11, p. 100070. DOI: 10.1016/j.wasec.2020.100070.

02 | Barrages vernaculaires / non ouvragés

Impact environnemental	2/3
Protection contre les risques	2/3
Durabilité	1/3
Accessibilité financière	2/3

Introduction

Outre les murs d'endiguement artificiels (voir mesure [01]), il existe des barrages, des digues et des levées plus simples, dépourvus de noyau imperméable et fabriqués à partir de matériaux locaux. Il peut s'agir de tas de terre, de terre, de sable, de bois, de végétation, de pierres ou de rochers. Les barrages vernaculaires sont un type particulier de barrages naturels. Ce sont des structures créées à partir de matériaux disponibles localement qui font appel à des connaissances traditionnelles et à des techniques de construction spécifiques au contexte.

Les digues et les levées peuvent également résulter entièrement de processus géologiques, par exemple, les digues naturelles formées par une masse de roches, souvent d'origine volcanique, qui bloque l'écoulement de l'eau. Les levées naturelles se forment quant à elles par accumulation de sédiments (*sable, graviers, limons, argile*) après des inondations répétées. La combinaison de barrages vernaculaires et naturels avec des structures ouvragées (y compris un noyau imperméable) peut être particulièrement efficace du point de vue de l'impact environnemental, de la protection contre les risques, de la durabilité et de l'accessibilité financière du barrage, de la digue ou de la levée en question.

Avantages et risques

Comparés aux structures ouvragées, les barrages, digues et levées vernaculaires présentent un bon rapport coût-efficacité grâce à l'utilisation de matériaux locaux et à une réalisation plus simple. En outre, leur impact environnemental est moindre que celui des barrages artificiels, car les barrages vernaculaires et naturels tendent généralement à se fondre dans les écosystèmes environnants et dans le contexte environnemental. Enfin, les structures vernaculaires sont souvent fondées sur les connaissances locales et la participation de la communauté.

Cependant, les barrages, les digues et les levées vernaculaires ne sont généralement pas aussi résistants aux phénomènes météorologiques extrêmes que les solutions ouvragées et sont plus sujettes à l'érosion, au débordement, à l'effondrement des pentes et autres dommages. Cela s'explique également par le fait qu'ils sont généralement de plus petite taille et qu'ils ne comportent pas les mêmes dispositifs de sécurité (*par exemple, les vannes*) que les ouvrages d'art.

Lors de la construction de digues, il faut tenir compte du fait que les éléments construits peuvent entraîner un écoulement plus intense et plus rapide de la rivière. En outre, si une digue n'est pas dotée d'un noyau imperméable (*comme dans le cas des digues artificielles*) et qu'elle est poreuse, l'eau peut passer sous la digue. Il convient également d'éviter de construire des digues vernaculaires dans des zones où le sol est argileux, des zones humides ou des marais pour des raisons de stress environnemental et de risque d'assèchement de ces zones si elles ne sont pas régulièrement inondées. Par conséquent, même les barrages vernaculaires sont souvent plus efficaces lorsqu'ils sont combinés à des mesures techniques.

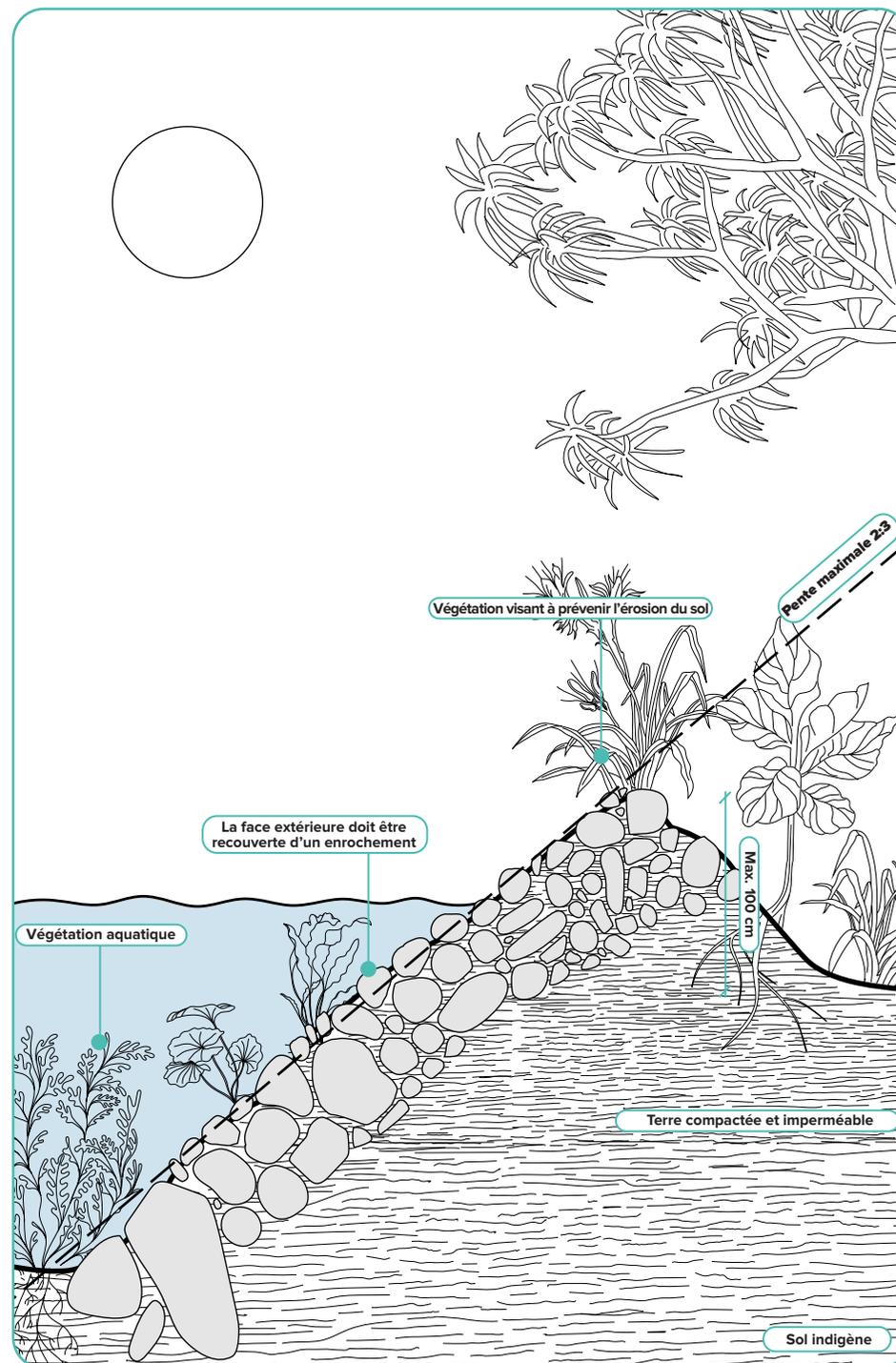




Fig 04. Exemple de digue en terre dans le camp de réfugiés d'Al-Redis Philippe Reymond, UNHCR 2023.

Bonne pratique

Digue en terre dans le camp de réfugiés d'Al-redis, Soudan

Pour protéger les zones résidentielles du camp de réfugiés d'Al-Redis (Soudan), une digue en terre a été construite le long du camp lors d'une situation d'urgence en 2022. Bien que la digue protège les logements, elle ne peut pas garantir un accès approprié pendant de longues périodes de l'année, car la route d'accès au village, que la digue n'a pas pu contourner, est souvent inondée.

Aperçu des critères

Type d'intervention :

Hybride

Échelle d'intervention :

Site, supra-site

Matériaux :

Terre, sable, bois, végétation, pierres, rochers, fibre de coco

Impact environnemental :

Les matériaux étant présents à l'état naturel ou disponibles localement, l'impact environnemental est relativement faible ; en outre, les solutions vernaculaires tendent à se fondre dans les écosystèmes environnants. Cependant, les digues et les levées peuvent entraîner un écoulement plus intense et plus rapide de la rivière, une érosion ou une rupture de pente. Dans les régions où les sols sont argileux, les zones humides ou les marais, leur construction pourrait provoquer des stress environnementaux et l'assèchement des zones environnantes.

Danger naturel ciblé :

Inondations côtières/fluviales

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments, couvert terrestre

Type de stratégie :

Réduction de l'ampleur du danger

Délai de mise en œuvre :

Court (1 jour - 1 mois), moyen (1 mois - 1 an)

Durée de l'effet :

Moyen terme (1 an à 10 ans), long terme (> 10 ans).

Coûts d'investissement :

Faibles (barrages vernaculaires)

Coûts d'entretien annuels :

Faibles (< 10 % des coûts d'investissement)

ACE Geosynthetics (2020)

Riverbank and Channel Protection. Levees and Dikes.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://www.geoace.com/app/Riverbank-and-Channel-Protection/Levees-and-Dikes>

Martinez, Maria ; Bakheet, Ramez ; Akib, Shatirah (2021)

Innovative Techniques in the Context of Actions for Flood Risk Management: A Review. Dans : *Eng 2* (1), p. 1-11. DOI: 10.3390/eng2010001.

Tariq, Muhammad Atiq Ur Rehman ; Farooq, Rashid ; van de Giesen, Nick (2020)

A Critical Review of Flood Risk Management and the Selection of Suitable Measures. Dans : *Applied Sciences* 10 (23). DOI: 10.3390/app10238752.

03 | Tubes et conteneurs géotextiles

Impact environnemental	3/3
Protection contre les risques	2/3
Durabilité	2/3
Accessibilité financière	3/3

Introduction

Les tubes et conteneurs géotextiles peuvent fonctionner comme une forme spéciale de digue ou soutenir d'autres structures telles que des digues maritimes, des dunes ou des brise-lames. Les conteneurs souples sont remplis de matières solides provenant du site local. Les matériaux de remplissage locaux se composent généralement d'une boue de sable et d'eau qui est ensuite introduite dans le conteneur à l'aide d'une pompe, d'une drague ou d'un entonnoir. Une fois que les géotextiles sont remplis de boue, l'eau se dissipe à travers les tissus flexibles et synthétiques. Le sable constitue alors le principal composant du tube.

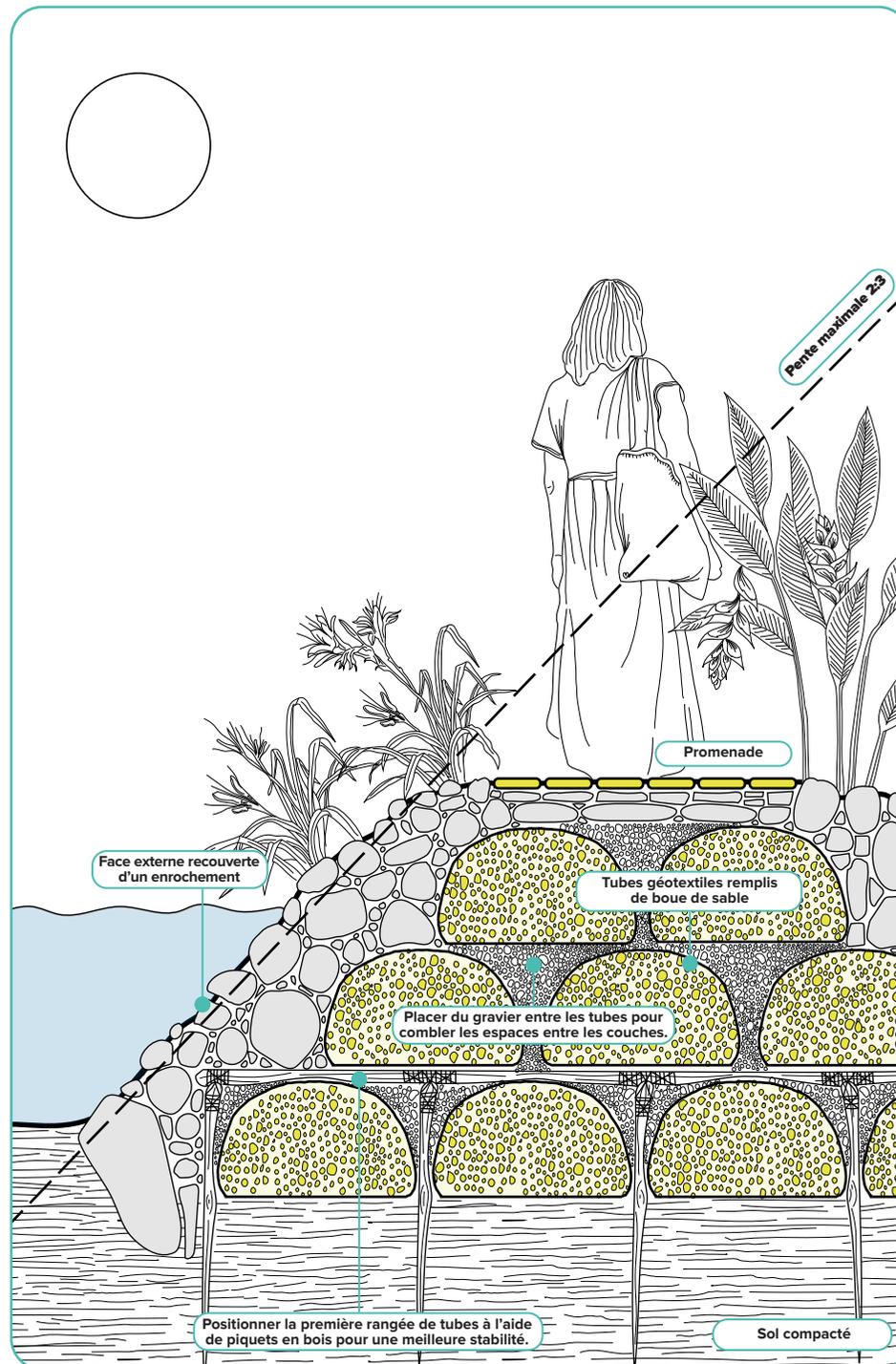
Avantages et risques

Les sacs et tubes géotextiles protègent les dunes, les côtes et les berges des rivières contre l'érosion et les inondations. Ils servent en outre de filtres à eau ou de systèmes d'assèchement. Les tissus sont extrêmement perméables, résistants et durables et peuvent résister à l'abrasion, à la lumière ultraviolette, à l'oxydation, à l'acide, à l'alcali, à la biodécomposition et à la corrosion par immersion dans l'eau de mer (ACE Geosynthetics 2020). L'utilisation de sources d'approvisionnement locales (et, donc, la réduction du transport et des coûts) fait des conteneurs géotextiles une alternative écologique, facile à appliquer et rentable par rapport à une protection contre les inondations en béton, par exemple.

Bonne pratique

Conteneurs géotextiles à Ada Foah, Ghana

Dans la ville d'Ada Foah, sur la côte sud-est du Ghana, des tubes et des conteneurs géotextiles ont été utilisés pour lutter contre l'érosion. Le littoral d'Ada Foah est en effet sujet à une érosion importante, qui peut aller jusqu'à 50 mètres de perte de plage et cause des dommages aux établissements humains. Pour installer les géotextiles, le sable a été dragué à partir de la rivière Volta adjacente, ce qui contribue également à l'atténuation des inondations en diminuant la rugosité de la rivière et en réduisant les risques d'inondation. L'application de conteneurs géotextiles extrêmement perméables a permis d'atténuer l'érosion et les phénomènes météorologiques extrêmes, y compris les inondations. En outre, les géotextiles favorisent la restauration des dunes de sable (ACE Geosynthetics 2020).



Aperçu des critères

Type d'intervention :

Hybride

Échelle d'intervention :

Logement-parcelle-îlot, site, supra-site

Matériaux :

Sable, eau, géotextiles;

Pour la mise en œuvre : pompe, drague, entonnoir

Impact environnemental :

La mesure a un impact environnemental insignifiant en raison de l'utilisation de matériaux de remblai locaux et du transport limité, voire inexistant, pour l'approvisionnement des matériaux. Émissions de CO₂ (kg/T) : 2,4

Danger naturel ciblé :

Inondation pluviale, inondation côtière / fluviale

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments, couvert terrestre

Type de stratégie :

Réduction de l'ampleur du danger

Délai de mise en œuvre :

Court (1 jour - 1 mois).

Durée de l'effet :

Moyen terme (1 an à 10 ans), long terme (> 10 ans).

Un tube géotextile a une durée de vie d'environ 5 à 15 ans. Une plus grande durabilité est possible.

Coûts d'investissement :

Faibles, moyens

Les coûts sont faibles par rapport à d'autres systèmes fixes de protection contre les inondations tels que les barrages ou les revêtements. Exemple (prix des États-Unis) : 600 à 750 dollars par mètre de tube géotextile.

Coûts d'entretien annuels :

Faibles (< 10 % des coûts d'investissement)

ACE Geosynthetics (2020)

ACETube - Hydraulic structures. Geotextile Bags, Tubes and Containers. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.geoace.com/products/Geotextile-Bags%2C-Tubes-and-Containers/ACETube%2CAE-hydraulic-structures>

ACE Geosynthetics (2020)

ACETube Geotextile Tube Installation for Coastal Protection (Video). Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.youtube.com/watch?v=s8yAtw4l-Vs>

ACE Geosynthetics (2020)

Shoreline Protection, Ada Foah, Ghana. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.geoace.com/case/Marine-and-Coastal-Structures-Construction/Shoreline-Protection%2C-Ada-Foah%2C-Ghana>

04 | Protection des berges (enrochement)

Impact environnemental	2/3
Protection des risques	3/3
Durabilité	3/3
Accessibilité financière	2/3

Introduction

La protection des berges et des côtes vise à diminuer la vitesse globale de l'eau et à réduire l'érosion (du sol). Elle permet de stabiliser les pentes grâce à un couvert de roches ou de pierres anguleuses non contraintes placées le long de canaux, de rivières ou de plans d'eau ; cette protection est souvent appelée « enrochement ». Les enrochements peuvent également être installés sur des pentes exposées aux intempéries et où il n'est pas possible de planter de la végétation. Ils peuvent être construits avec des matériaux naturels (par exemple, des pierres) ou artificiels (par exemple, des blocs de béton), et peuvent être nivelés ou uniformes. Les pierres peuvent être de tailles variées dans le cas d'un enrochement nivelé, tandis que l'enrochement uniforme se fait avec des pierres de même taille. Les enrochements nivelés sont généralement préférés aux enrochements uniformes parce qu'ils sont plus faciles et moins coûteux à installer. La protection des berges peut également être assurée par d'autres méthodes de construction telles que les murs en gabion (voir mesure [05]).

Avantages et risques

Les avantages de l'enrochement résident dans sa simplicité d'installation et d'entretien. Un enrochement bien conçu permet aux arbustes de pousser, mais la végétation de plus grande taille, comme les arbres, doit être enlevée car elle risque de provoquer l'effondrement de l'enrochement. En général, si l'enrochement n'est pas placé correctement ou s'il est placé le long d'une pente trop prononcée, les pierres risquent de bouger. En outre, les enrochements risquent de créer des affouillements dans les parties inférieures de l'installation. Par rapport à l'utilisation de la végétation pour réduire l'érosion, utiliser un enrochement est plus coûteux et offre moins d'habitats pour d'autres espèces. Cependant, les serpents ont tendance à utiliser les enrochements comme habitat, ce qui doit être communiqué aux résidents des camps de réfugiés.

Bonne pratique

Enrochement végétalisé

Les enrochements végétalisés sont constitués d'une combinaison de roches et de végétation indigène sous forme de boutures vivantes. Ils fournissent de l'ombre, un couvert et un apport de petits débris organiques au cours d'eau. En même temps, ils améliorent l'habitat des poissons et contribuent à la protection des berges par le développement de la masse racinaire. Un autre avantage des enrochements végétalisés est leur fourrage, dont peuvent s'alimenter les populations animales locales. Il est à noter qu'un enrochement bien nivelé formera un couvert dense et souple qui s'adaptera mieux aux surfaces, même irrégulières, qu'un enrochement uniforme. Même si les enrochements sont considérés comme des ouvrages d'art, ils peuvent s'apparenter à des berges naturelles lorsqu'ils sont végétalisés. La végétation riveraine favorise le ralentissement de l'écoulement. Dans l'ensemble, l'atténuation des risques par l'enrochement végétalisé a un effet positif. Cependant, dans certains cas spécifiques, on peut souhaiter accélérer l'écoulement (ce qui conduit à une diminution de la profondeur de l'écoulement).

Enrochement artificiel pour l'atténuation des crues soudaines

Lorsque le sol et le remblai sont meubles, on peut envisager d'utiliser des éléments artificiels en béton pour « blinder » le lit de la rivière. Ces éléments forment une couche flexible, imitant un gros rocher. Leur forme leur permet de s'imbriquer les uns dans les autres et d'éviter une érosion importante.

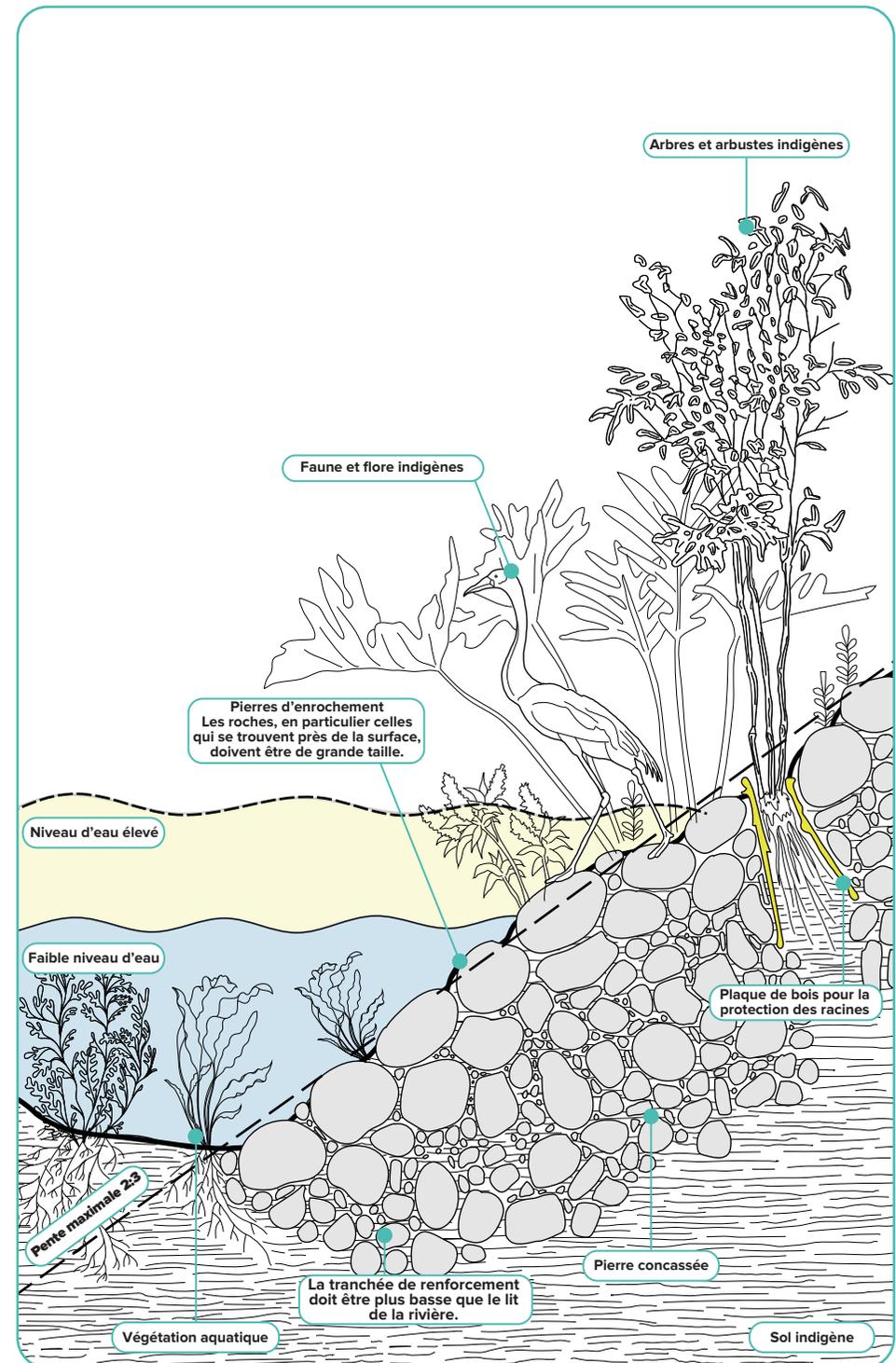




Fig 05. Un enrochement bien conçu peut favoriser la croissance de la végétation arbustive (les grands arbres peuvent provoquer l'effondrement de l'enrochement et doivent être enlevés). Eric Bardou, UNHCR 2022.



Fig 06. Exemple d'enrochement dans un petit ruisseau en Suisse. Eric Bardou, UNHCR 2022.

Dale's Marine Construction Inc. (2021)
How to install riprap and have a good defining
line between yard and riprap.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://www.youtube.com/watch?v=627XcUjLf10>

Massachusetts Clean Water Toolkit (2023:04:51)
Riprap. Disponible en ligne à l'adresse suivante :<https://megamanual.aeosyntec.com/npsmanual/riprap.aspx>, (mise à jour 29/09/2023:04:51).

Flexamat (2022)
Negative Impacts of Riprap on Lakeshores.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://www.flexamat.com/post/negative-impacts-of-riprap-on-lakeshores>

Aperçu des critères

Type d'intervention :

Technique, hybride

Échelle d'intervention :

Site, supra-site

Matériaux :

Roches non contraintes/anguleuses, matériau filtrant (par exemple, sable, gravier, pierre concassée ou tissu filtrant), parfois béton pour les enrochements artificiels.

Impact environnemental :

Bien que les enrochements soient faits de matériaux naturels (roches), ils ne sont pas considérés comme respectueux de l'environnement car le transport nécessaire pour placer les roches à l'endroit choisi entraîne des niveaux d'émissions élevés. Les enrochements retiennent également la chaleur entre les roches, ce qui peut faire augmenter la température de l'eau de la masse d'eau adjacente et, donc, donner lieu à une pollution thermique et à une modification des écosystèmes aquatiques. Les produits chimiques utilisés pour éviter que des mauvaises herbes ne poussent sur les enrochements peuvent également nuire à l'environnement.

Danger naturel ciblé :

Inondations côtières/fluviales

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments, transports, couvert terrestre

Type de stratégie :

Réduction de l'ampleur du danger

Délai de mise en œuvre :

Court (1 jour - 1 mois).

Durée de l'effet :

Long terme (> 10 ans)

Coûts d'investissement :

Moyens

Coûts d'entretien annuels :

Faibles (< 10 % des coûts d'investissement)

Des contrôles annuels, ou après des événements météorologiques majeurs, pour détecter d'éventuels dommages ou obstructions ou de la végétation ligneuse (qui doit être enlevée) sont nécessaires pour entretenir les enrochements.

05 | Murs de soutènement

Impact environnemental	2/3
Protection des risques	3/3
Durabilité	2/3
Accessibilité financière	2/3

Introduction

La protection des berges (enrochement) réduit l'érosion le long des remblais, mais des murs de soutènement sont parfois nécessaires pour éviter les glissements de terrain en amont du plan d'eau. Les murs de soutènement peuvent être construits avec différents matériaux, notamment des planches en bois ou en métal, ainsi que des murs en gabion. Les murs en gabion sont des boîtes faites de treillis galvanisé, remplies de pierres et empilées en forme de cages fermées. Les murs en gabions, qui sont perméables, visent à stabiliser les sols. Outre la stabilisation des berges, les murs de soutènement contribuent à la protection contre les inondations et à la réduction de l'écoulement des eaux.

Avantages et risques

L'un des avantages des murs en gabion réside dans l'utilisation de matériaux d'excavation locaux, ce qui réduit les coûts de transport et les émissions. En outre, l'intervention devient plus efficace au fil du temps grâce à la végétation qui pousse entre les roches et renforce la structure. Grâce à leur perméabilité, les murs de soutènement en gabion empêchent l'eau de s'accumuler derrière les murs d'endiguement et préviennent l'engorgement des sols. Enfin, la durée de l'effet des murs en gabion est comparativement longue en raison de la durabilité des blocs de pierre.

Bonne pratique

Murs de soutènement en gabion dans la vallée de Swat, Pakistan

En 2022, des inondations dévastatrices ont eu lieu au Pakistan. La vallée isolée de Swat, dans le Khyber Pakhtounkwa (une région montagneuse du nord-ouest du pays, frontalière de l'Afghanistan) a été l'une des zones touchées. Les fortes pluies ont fait déborder rapidement les rivières, formant des crues soudaines destructrices le long de la vallée principale de Swat et de ses vallées latérales. En outre, de nombreux glissements de terrain ont causé des destructions massives dans la région. De nombreuses maisons et bâtiments publics ont été emportés, des routes coupées et des ponts détruits, laissant les villages sans accès à aucune aide extérieure.

Des travaux de réparation d'urgence ont été rapidement entrepris, notamment le renforcement d'infrastructures telles que les routes et l'installation de murs de protection autour des bâtiments. Dans ce dernier cas, ce sont principalement des murs en gabion qui ont été utilisés, car le matériau adéquat est largement disponible dans la région et la méthode est peu coûteuse et rapide à mettre en œuvre. Les pierres charriées par les rivières en crue ont pu être directement concassées et utilisées pour les murs en gabion, ce qui a limité les besoins de transport au seul treillis métallique. Ce système était particulièrement bien adapté aux régions éloignées, dépourvues d'accès par voiture ou par camion.

Juste après les inondations, le Corps suisse d'aide humanitaire a envoyé une équipe pour appuyer les réparations d'urgence des infrastructures et des bâtiments publics. Le gabion a été utilisé pour les réparations d'urgence des écoles et pour construire des murs de renforcement autour des cours d'école, afin d'éviter les glissements de terrain et de renforcer ainsi la sécurité des enfants. Quatre semaines après la catastrophe, il était possible d'accéder à certaines écoles et, à la fin du projet, après 3 mois, 11 écoles avaient été réhabilitées grâce à cette action, ce qui a permis à plus de 1 400 enfants de retourner à l'école.

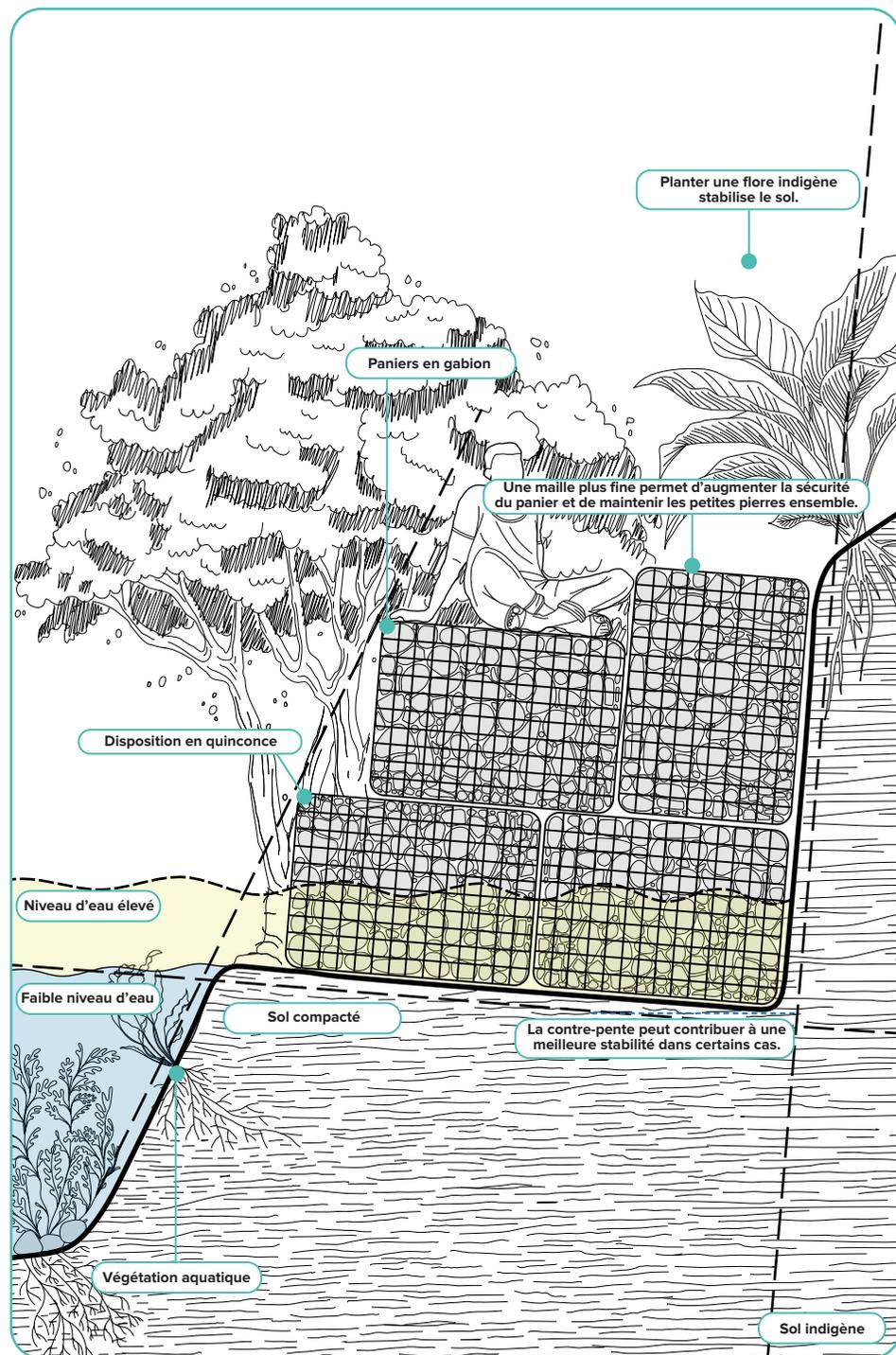




Fig 07. École de Torwal dans la vallée de Swat, au Pakistan Travaux de réhabilitation avec des murs en gabion. Christian Neuhaus, DDC 2022.

Aperçu des critères

Type d'intervention :

Technique, hybride

Échelle d'intervention :

Site, supra-site

Matériaux :

Treillis galvanisés, pierres

Impact environnemental :

Les murs de soutènement en gabion présentent de faibles émissions dues au transport en raison de l'utilisation de matériaux locaux (s'ils sont disponibles localement).

Danger naturel ciblé :

Inondations côtières/fluviales

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments, couvert terrestre

Type de stratégie :

Réduction de l'ampleur du danger

Délai de mise en œuvre :

Court (1 jour - 1 mois).

Durée de l'effet :

Long terme (> 10 ans)

Coûts d'investissement :

Faibles

Coûts d'entretien annuels :

Faibles (< 10 % des coûts d'investissement)

OIM Yémen (2022)

Gabion Walls Protect Displaced People's Life from Floods in Taiz. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.youtube.com/watch?v=x5psinEYZWg>

Fine Mesh Metals (2021)

Gabion Standard Design. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.gabionbaskets.co.uk/gabion/gabion-wall-standard-design>

Geotech (2023)

Gabion walls – fonction, application, avantage. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.geotech.hr/en/gabion-walls/>

06 | Digués maritimes et épis

Impact environnemental	1/3
Protection contre les risques	2/3
Durabilité	3/3
Accessibilité financière	1/3

Introduction

Les digués maritimes sont de grands ouvrages conçus pour protéger la côte et le littoral de la mer. Le plus souvent, elles sont construites comme des armures verticales le long de la côte. Toutefois, elles peuvent également être construites perpendiculairement au rivage (on les appelle alors dans certains contextes des « épis ») pour gérer le bilan sédimentaire des plages, ou séparées du rivage par une certaine distance (on les appelle alors des « brise-lames »). Leur structure ouvragée peut être combinée avec des blocs tétrapodes et des conteneurs géotextiles, entre autres. En raison des risques inverses qu'elles présentent, de leur ampleur et de leur coût, les digués maritimes ne devraient pas être prioritaires dans le contexte des sites de réfugiés.

Avantages et risques

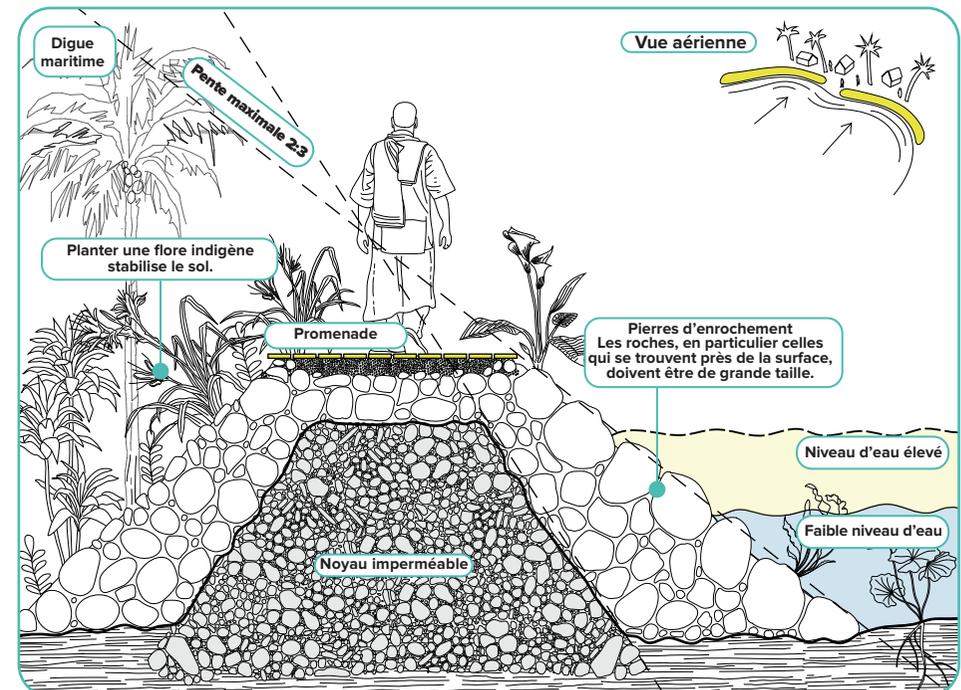
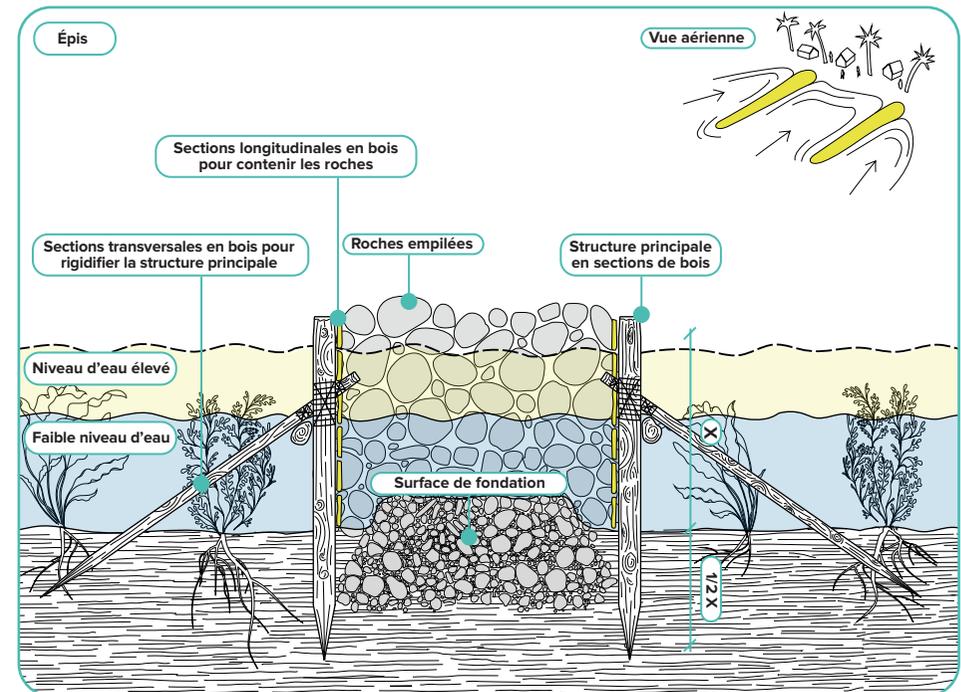
Les digués maritimes peuvent contribuer à la protection du littoral et des hautes terres en atténuant les dommages produits par les vagues, les marées ou les ondes de tempête. Cependant, la conception verticale des digués maritimes entraîne une forte réflexion des vagues qui provoque une accumulation de l'énergie au fond ou au pied de la structure, ce qui peut entraîner sa détérioration au fil du temps.

En général, les grandes structures côtières peuvent causer des dommages importants aux plages ainsi qu'à l'environnement marin et côtier. Compte tenu de ce risque, les grandes structures côtières ne devraient être construites qu'en combinaison avec des évaluations et une gestion environnementales complètes.

Bonne pratique

TetraPOT : blocs de béton et mangroves

TetraPOT est une forme hybride de défense maritime qui combine des blocs de béton (ou des blocs tétrapodes) et de grands pots de plantes pré-ensemencées et compostables qui sont déposés dans les mangroves. Aux côtés du système racinaire de la mangrove, les blocs contribuent à la protection contre les inondations, empêchent l'érosion du sol et protègent les habitats naturels. Les blocs tétrapodes, qui pèsent une tonne, nécessitent moins de béton et de temps de production que les bollards de défense maritime traditionnels. En outre, les palétuviers en croissance (protégés du béton) peuvent se propager à travers les orifices conçus dans les blocs. Après environ 14 mois, les mangroves sont suffisamment développées pour ancrer les blocs tétrapodes par leurs racines (Tucker 2016).



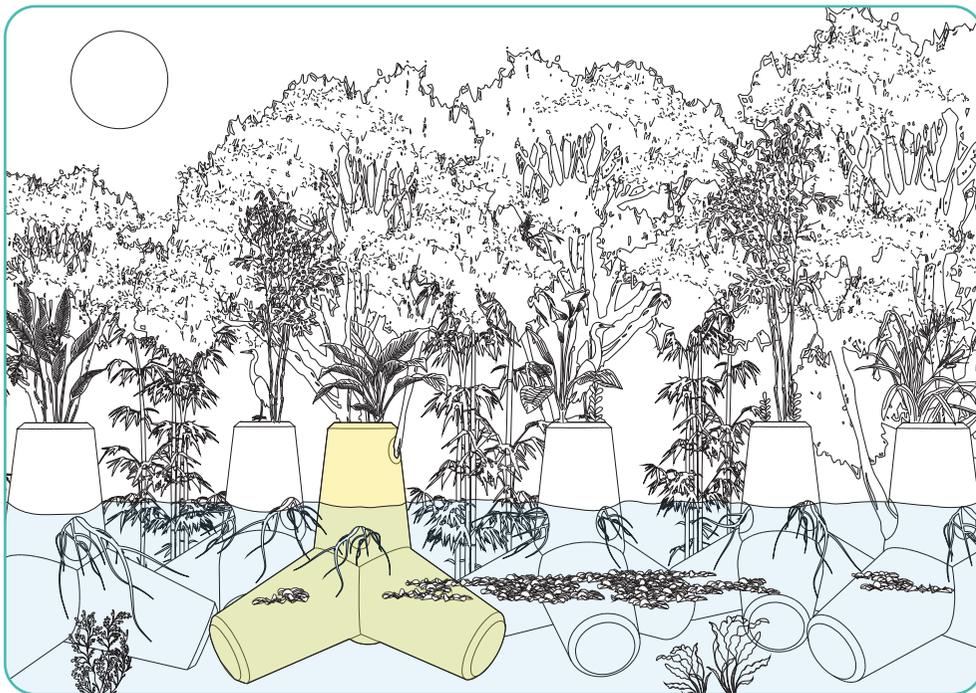


Fig 08. Exemple de TetraPOT. Beaumé et Pabón 2023, d'après Tucker 2016.

Aperçu des critères

Type d'intervention :

Technique

Échelle d'intervention :

Supra-site

Matériaux :

Béton, métal, bois d'œuvre, acier (sélection)

Impact environnemental :

Les digues maritimes peuvent nuire à l'environnement marin et côtier et à la biodiversité. En outre, elles peuvent provoquer des interruptions dans la migration des habitats.

Danger naturel ciblé :

Inondations côtières/fluviales

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments, transports, infrastructures techniques, couvert terrestre

Type de stratégie :

Réduction de l'ampleur du danger

Délai de mise en œuvre :

Moyen (1 mois - 1 an).

Durée de l'effet :

Long terme (> 10 ans)

Coûts d'investissement :

Élevés

Coûts d'entretien annuels :

Faibles (< 10 % des coûts d'investissement)

Climate ADAPT (2023)

Seawalls and jetties.

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

<https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/seawalls-and-jetties> (mise à jour 29/09/2023;17:14)

Tucker, Emma (2016)

TetraPOT is a greener alternative to concrete coastal defences.

Dans : Dezeen.

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

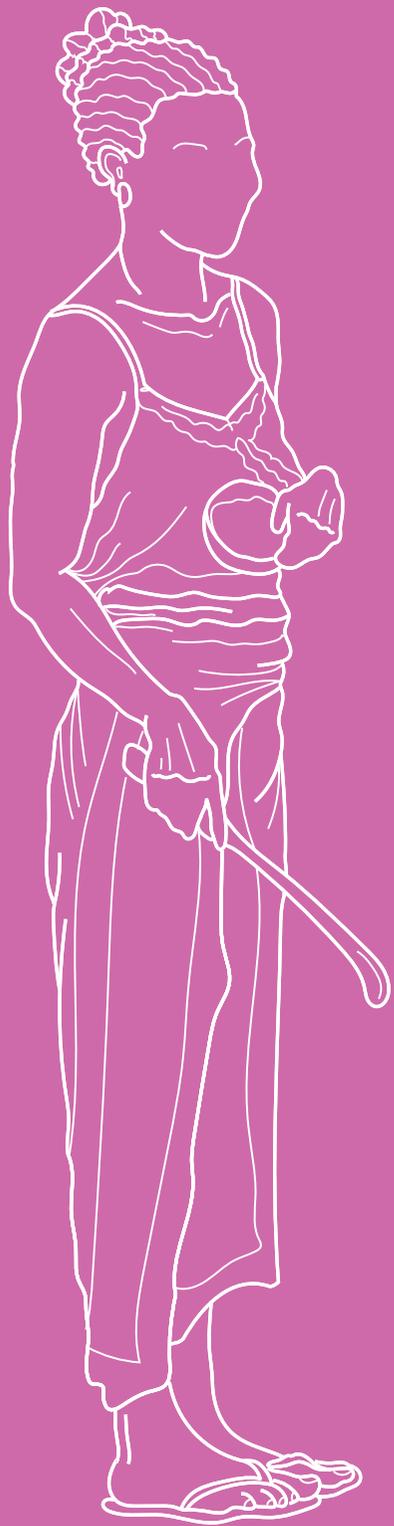
<https://www.dezeen.com/2016/10/24/tetrapot-coastal-defence-design-plant-pot-sheng-hung-lee-china/>

Watson, Donald ; Adams, Michele (2010)

Design for Flooding: Architecture, Landscape, and Urban Design for Resilience to Climate Change: John Wiley & Sons Inc.

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

<https://www.wiley.com/en-us/Design+for+Flooding+%3A+Architecture%2C+Landscape%2C+and+Urban+Design+for+Resilience+to+Climate+Change-p-9780470475645#download-product-flyer>



II. Gestion des eaux de surface

Introduction et résumé : Gestion des eaux de surface

La gestion des eaux de surface et les systèmes de drainage sont essentiels dans les sites de réfugiés. Ils contribuent à l'atténuation des risques d'inondation grâce à un écoulement et à une infiltration adéquats des eaux de ruissellement. Ils permettent également de garantir la qualité globale de l'eau (de surface) grâce au filtrage de l'eau de pluie et à sa collecte en vue d'une utilisation ultérieure. La gestion des eaux de surface doit tenir compte de toute la superficie du site de réfugiés ainsi que du paysage environnant. Les systèmes de drainage, en particulier, nécessitent une connaissance approfondie de la topographie, des courbes de niveau et du ruissellement pluvial potentiel. À partir de là, il convient d'étudier soigneusement les voies d'écoulement vers les canaux et réseaux de drainage existants et les (sous-)bassins versants. Sur cette base, les principes directeurs des systèmes de drainage dans les sites d'installation de déplacés/réfugiés sont les suivants :

- Le système de drainage doit être planifié dans son ensemble, depuis la source jusqu'au dernier point d'évacuation, en passant par toutes les étapes ;
- Plus le système de drainage est installé en aval, plus la capacité de drainage requise est importante ;
- L'érosion en amont doit être évitée afin de garantir que les zones en aval restent exemptes de limon et d'autres matériaux bloquants ;
- Les eaux stagnantes doivent être évitées, en particulier dans les zones résidentielles, et les eaux grises ne doivent pas emprunter les canaux de drainage principaux ;
- Les drains doivent suivre des pentes relativement faibles (environ 2 % dans l'idéal) ;
- Les barrages de retenue, les marches, la filtration, les géotextiles et le stockage de l'eau en amont ralentissent l'écoulement des eaux en aval, tandis que les canaux de drainage en brique et en béton ont tendance à accélérer l'écoulement ;
- La hauteur, les matériaux et la taille des drains dépendent du débit d'eau prévu (en fonction de la quantité de pluie et du coefficient de ruissellement du sol local) et de la pente de la zone. Par exemple, les canaux de drainage en brique et en béton sont les plus efficaces dans les endroits denses ;
- La sortie du drain doit être soigneusement conçue pour éviter l'érosion et la propagation de matières indésirables.

Dans le contexte de la gestion des eaux de surface, le présent chapitre présente quatre mesures :

1. **Systèmes de drainage** (voir mesure [07]) ;
2. **Rigoles de drainage biologiques et bassins d'infiltration** (voir mesure [08]) ;
3. **Collecte des eaux de pluie et bassins de rétention** (voir mesure [09]) .
4. **Sol et chaussée perméables** (voir mesure [10]).

Veillez noter que la combinaison des mesures énumérées ci-dessus peut aider à traiter le cycle complet de la gestion de l'eau dans l'ensemble du site de réfugiés. En outre, compléter la gestion des eaux de surface par des solutions fondées sur la nature augmentera l'efficacité tout en contribuant à un cycle durable de gestion de l'eau. En particulier, des mesures telles que l'installation de toits et de murs verts permettant de collecter les eaux de pluie (voir mesure [15]) ou la plantation d'arbres (voir mesure [17]) afin d'augmenter l'infiltration de l'eau contribueront à améliorer l'impact des mesures combinées.

07 | Systèmes de drainage

Impact environnemental	3/3	Impact environnemental	2/3
Protection contre les risques	2/3	Protection des risques	3/3
Durabilité	2/3	Durabilité	3/3
Accessibilité financière	3/3	Accessibilité financière	2/3
Drains naturels et de faible technicité		Drains de haute et moyenne technicité	

Introduction

Les systèmes de drainage nécessitent une planification globale aux différentes échelles d'un établissement humain et une connaissance approfondie des zones environnantes et des réseaux de drainage (existants) (voir l'introduction ci-dessus « Gestion des eaux de surface »). Les réseaux de drainage peuvent prendre de nombreuses formes et utiliser différentes techniques et matériaux, notamment :

- a. **Drains naturels** (canaux primaires) : ils sont basés sur la restauration de la végétation riveraine et la plantation d'arbres et d'autres arbustes. Cette mesure fondée sur la nature consiste à installer des drains naturels sur de faibles pentes où l'eau s'écoule lentement ;
- b. **Systèmes de drainage à faible technicité** : il s'agit de systèmes composés de drains en bambou (drainage primaire, secondaire et tertiaire) et de drains avec des remblais en tubes ou conteneurs géotextiles (canaux primaires, secondaires et tertiaires) ;
- c. **Systèmes de drainage de moyenne et haute technicité** : il s'agit de systèmes composés de drains en maçonnerie ou en béton préfabriqué (canaux secondaires, tertiaires). Dans le cas de tranchées en béton, des orifices dans la base du drainage doivent être prévus pour la réinfiltration chaque fois que cela est possible.
- d. **D'autres techniques** envisageables sont l'installation de drains sur une ligne de crête ou en cascade, des pièges à limon et à déchets, et des fosses de micro-trepange.

Bonne pratique

En général, si le système de drainage n'est pas correctement entretenu et nettoyé ou si la pente et l'infiltration ne sont pas bien planifiées, il risque d'y avoir de l'eau stagnante où les moustiques se développent et transmettent des maladies.

- a. **Drainage naturel** : le drainage naturel est peu coûteux et respectueux de l'environnement. Cependant, il n'est pas recommandé dans les endroits encombrés et présente des risques d'érosion.
- b. **Drains en bambou** : les drains en bambou sont rapidement installés et efficaces dans les situations d'urgence où ce matériau est facilement disponible. Cependant, le bambou ne dure pas longtemps et doit être remplacé fréquemment, de sorte que des solutions plus durables doivent être envisagées au fil du temps.
- c. **Drains avec des remblais en tubes ou conteneurs géotextiles** : cette mesure de faible technicité est rentable en termes de coûts et de main-d'œuvre. La base est constituée de terre bien compactée qui favorise l'infiltration, mais ces drains ne sont pas adaptés aux zones très denses ;
- d. **Drains de maçonnerie** : ils sont avantageux dans les zones densément peuplées. En outre, ils sont relativement simples à entretenir et à nettoyer. Ils sont cependant coûteux et complexes à installer et à réparer. De plus, la base (béton/brique) peut provoquer des inondations en aval car elle ne permet pas l'infiltration dans le sol.

Drains en béton préfabriqués : Les bords de route, les lignes de crête et les routes où circulent des véhicules sont les meilleurs endroits pour installer des drains en béton préfabriqués. Bien que l'installation soit relativement rapide, les coûts des matériaux sont élevés. Les drains en béton préfabriqués risquent également d'accélérer la vitesse d'écoulement et, donc, de provoquer des crues soudaines en aval. En général, les solutions de très haute technicité sont comparativement coûteuses et complexes à mettre en place. C'est pourquoi ces solutions sont rarement appliquées dans les sites de réfugiés.

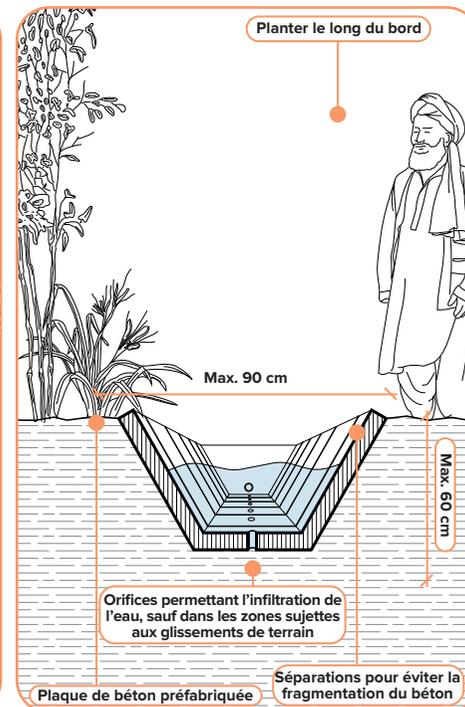
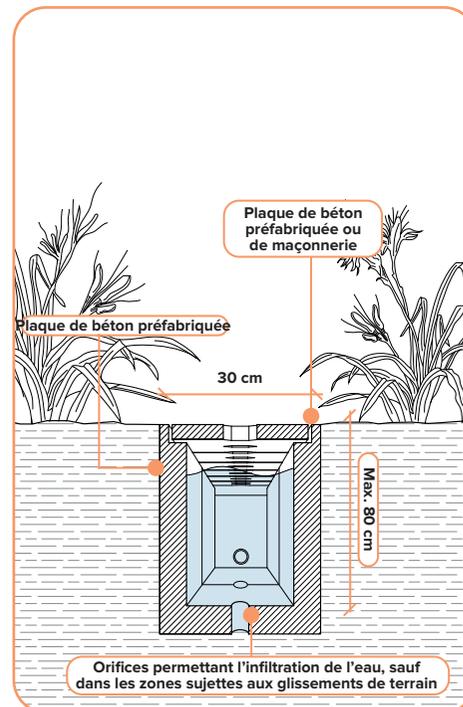
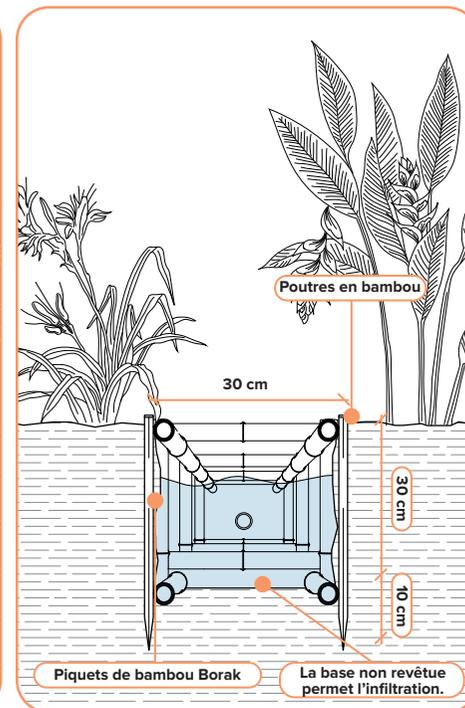
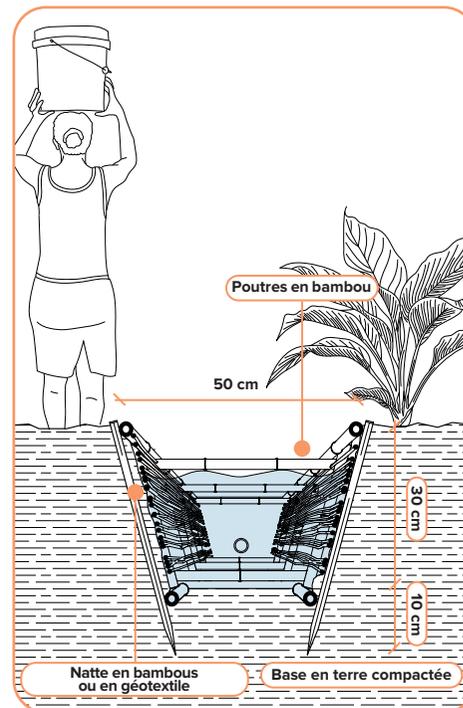




Fig 09. Construction d'une chaîne de gestion des eaux SuDS (système urbain de drainage durable) dans le camp de réfugiés de Gawilan, dans la région du Kurdistan irakien. Charlesworth et al. 2019, p. 3505.

OIM ONU Migration (2020)
Site Improvement Catalogue.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://www.humanitarianlibrary.org/resource/jscg-site-improvement-catalogue>

susDrain (2022)
Sustainable Drainage.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/background/sustainable-drainage.html>

Charlesworth, Susanne M. ; Mctough, Mitchell ; Adam-Bradford, A. (2021)
The Design, Construction and Maintenance of a SuDS management Train to Address Surface water Flows by Engaging the Community: Gawilan Refugee Camp, Ninawa Governorate, Kurdistan Region of Iraq.
Journal of Refugee Studies 34, p. 3494-3510.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://doi.org/10.1093/jrs/fez082>

susDrain (2022)
SuDS management train.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-principles/management-train.html>

Aperçu des critères

Type d'intervention :

Technique, fondée sur la nature, hybride

Échelle d'intervention :

Site, supra-site

Matériaux :

Drains en bambou : Bambou (Borak), nattes de bambou, nattes de bambou basha bera, géotextiles, base en terre (peut être complétée par une chape de ciment ou une bâche pour un meilleur écoulement de l'eau)

Remblais en géotextile : tubes ou conteneurs géotextiles, sable ; alternative : sacs de jute, graines

Drains de maçonnerie : briques, sacs de jute/conteneurs géotextiles remplis d'éclats de briques, béton, poutres

Drains en béton : béton, terre compactée

Impact environnemental :

Les drains en bambou sont fait de matériaux durables et favorisent l'infiltration. Les remblais en tubes géotextiles favorisent l'infiltration, mais la base en terre peut intensifier l'engorgement et l'érosion. Les drains en maçonnerie et en béton permettent de prévenir l'engorgement, mais ils peuvent perturber les habitats en raison de l'excavation et de l'élimination de la végétation avant leur installation.

Danger naturel ciblé :

Inondation pluviale, inondation côtière/fluviale

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments, transports, infrastructures techniques, couvert terrestre

Type de stratégie :

Réduction de l'ampleur du danger, réduction de la vulnérabilité des biens

Délai de mise en œuvre :

Drains en bambou : court (1 jour - 1 mois)

Remblais en tubes géotextiles : court (1 jour - 1 mois)

Drains en maçonnerie et en béton : moyen (1 mois - 1 an)

Durée de l'effet :

Drains en bambou : court terme (< 1 an)

Remblais en tubes géotextiles : moyen terme (1 an - 10 ans)

Drains en maçonnerie et en béton : moyen terme (1 an - 10 ans), long terme (> 10 ans)

Coûts d'investissement :

Drains en bambou : faibles

Remblais en tubes géotextiles : faibles, moyens

Drains en maçonnerie et en béton : moyens, élevés

Coûts d'entretien annuels :

Drains en bambou : faibles (< 10 % des coûts d'investissement)

Remblais en tubes géotextiles : faibles (< 10 % des coûts d'investissement)

Drains en maçonnerie et en béton : faibles (< 10 % des coûts d'investissement)

08 | Rigoles de drainage biologiques et bassins d'infiltration

Impact environnemental	3/3
Protection contre les risques	
Jardins de pluie, rigoles de drainage biologiques	1/3
Bassins d'infiltration	2/3
Durabilité	2/3
Accessibilité financière	3/3

Introduction

Les rigoles de drainage biologiques (également appelées rigoles végétalisées) sont des canaux de faible hauteur, végétalisés ou recouverts de paillis, avec des pentes douces. En tant qu'alternative naturelle aux gouttières et aux égouts, elles permettent de traiter, réduire, ralentir et absorber les eaux de ruissellement. L'installation de rigoles de drainage biologiques est particulièrement efficace en cas de précipitations relativement faibles mais très fréquentes. Lors d'événements pluviaux plus importants, ces rigoles jouent néanmoins un rôle important en réduisant le ruissellement global et en éliminant les polluants. Cependant, une rigole de drainage biologique agit plutôt comme un couloir pour l'eau de pluie, en la conduisant vers d'un point à un autre (par exemple, vers un jardin de pluie ou un bassin d'infiltration). C'est pourquoi ce type de rigoles est souvent utilisé en combinaison avec des jardins de pluie et des bassins d'infiltration.

Les jardins de pluie et les bassins d'infiltration atténuent le ruissellement lors de (fortes) précipitations en permettant à l'eau de s'infiltrer. Bien que les deux aient la même fonction et soient caractérisées par des sols très perméables, les jardins de pluie sont plus petits que les bassins d'infiltration. Les jardins de pluie sont principalement mis en œuvre à l'échelle de la parcelle, de la communauté ou de l'îlot, l'eau étant collectée à partir des toits situés à proximité ou canalisée à travers une rigole végétalisée. Les bassins d'infiltration ont tendance à être plus étendus et atténuent le ruissellement direct des eaux de pluie. Par conséquent, l'un et l'autre constituent des mesures simples et durables pour éviter que les logements, les espaces publics et les voies de circulation environnantes ne soient inondés. En même temps, ils favorisent la recharge des nappes phréatiques.

Avantages et risques

Rigoles de drainage biologiques : en plus de canaliser et d'infiltrer les eaux pluviales, elles offrent divers avantages connexes, notamment la création de nouveaux habitats pour la flore et la faune locales. En outre, elles favorisent l'absorption des nutriments par la végétation et l'élimination des polluants.

Jardins de pluie et bassins d'infiltration : en plus de favoriser l'infiltration des eaux pluviales, les jardins de pluie sont faciles à entretenir et à rénover. Ce sont des solutions fondées sur la nature, à petite échelle et dont le coût est abordable. Ils peuvent en outre constituer un moyen de subsistance. En général, ils permettent d'améliorer l'aspect des espaces ouverts et de débarrasser les eaux de pluie des polluants avant qu'elles ne pénètrent dans la nappe phréatique. Cependant, les jardins de pluie conviennent principalement à des précipitations de faible intensité.

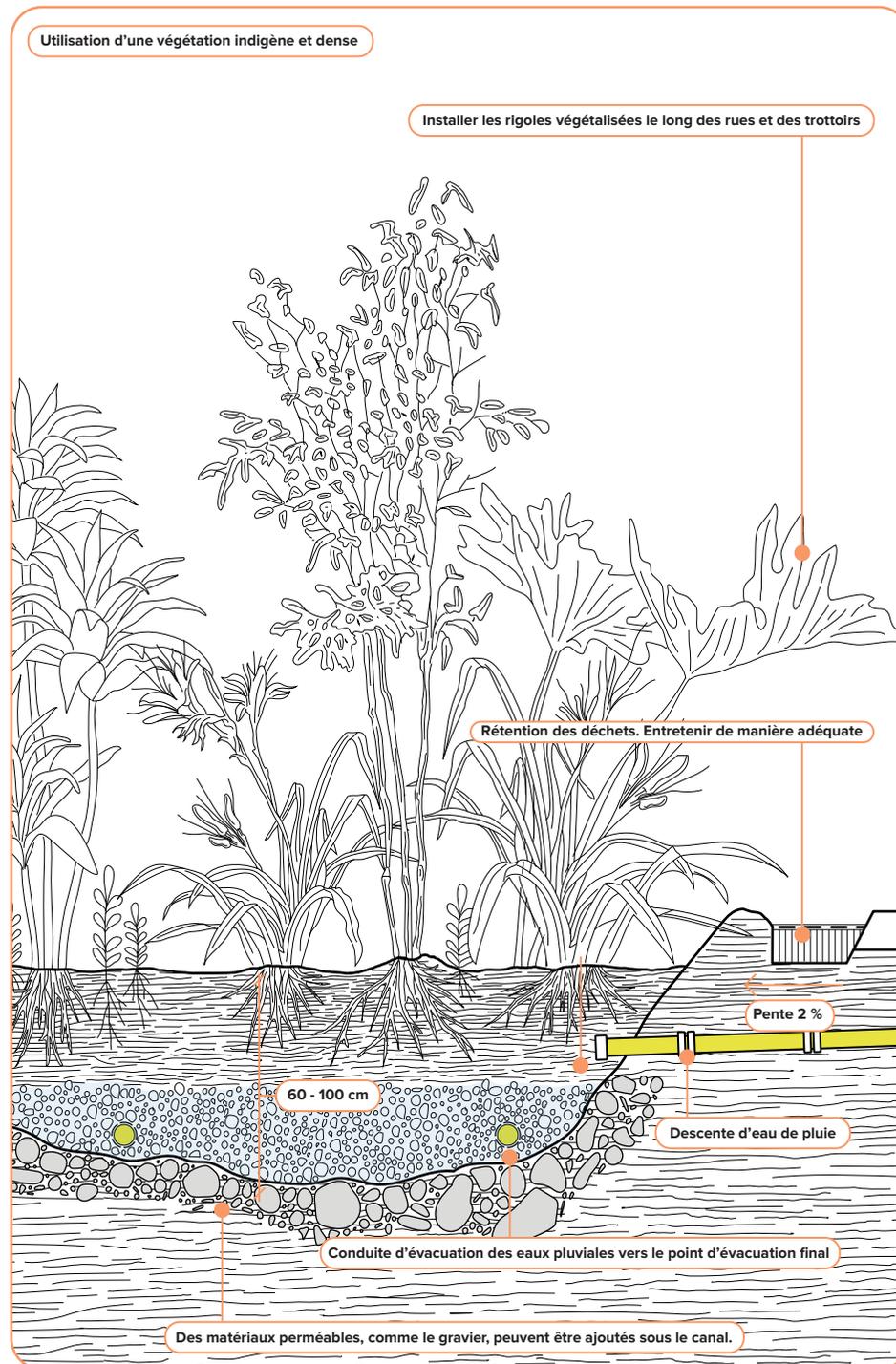




Fig 10. Jardin communautaire dans le camp de réfugiés de Bredjing, dans l'est du Tchad. Nadia Carlevaro, UNHCR 2022.

Bonne pratique

Modèle de gestion des eaux pluviales par biofiltration, établissement informel de Diepsloot, Johannesburg.

Afin d'atténuer les risques d'inondation dans l'établissement informel de Diep Sloot à Johannesburg (Afrique du Sud), un modèle de gestion des eaux pluviales par biofiltration a été mis au point. Le projet a également permis de créer des emplois et de dispenser une formation en aménagement paysager à la population locale. De ce fait, le modèle a eu un impact positif sur l'autonomisation de la communauté et sur la gestion des eaux pluviales (Mseleku 2021).

Jardins de pluie communaux dans l'est du Tchad, Afrique centrale.

Depuis une vingtaine d'années, la région orientale du Tchad accueille de nombreux réfugiés dans un climat plutôt aride. Cependant, pendant la saison des pluies, les zones basses situées à proximité des oueds sont souvent inondées. C'est pourquoi des jardins communaux ont été aménagés. Ils servent de petites zones tampons en cas d'inondation tout en favorisant l'utilisation productive et la résilience de la communauté. Dans ce contexte, le concept de permaculture peut également contribuer à la connaissance et à l'identification des cycles fermés de l'eau dans l'agriculture. L'idée organique et circulaire de la permaculture permet à la communauté de disposer d'un compost fiable et de cultures autoproduites.

Design Your Town (2022)

Example of Roadside planter. Disponible en ligne à l'adresse suivante : http://www.designyourtown.org/design_detail/planter-boxes/

Design Your Town (2022)

Vegetated Swales. Disponible en ligne à l'adresse suivante : http://www.designyourtown.org/design_detail/vegetated-swales/

Hu, Pengbo ; Ma, Yue ; Xue, Huifeng ; Zhang, Feng (2019) Application of low impact development technology in rainwater drainage system reconstruction project. Dans : Cluster Computing 22 (1), p. 533-543. DOI: 10.1007/s10586-017-1284-7.

Mseleku, E.S (2021)

Guidelines for Integrated Flood Control Design in the Informal Settlements of Cape Town Municipality. A case study of Kosovo, Philippi District.

Naturally Resilient Communities

USING NATURE TO ADDRESS FLOODING. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://nrcsolutions.org/>

Ruangpan, L. ; Vojinovic, Z. ; Di Sabatino, S. ; Leo, L. S. ; Capobianco, V. ; Oen, A. M. P. et al. (2020)

Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction: a state-of-the-art review of the research area. Dans : Natural Hazards and Earth System Sciences 20 (1), p. 243-270. DOI: 10.5194/nhess-20-243-2020.

Aperçu des critères

Type d'intervention :

Fondée sur la nature

Échelle d'intervention :

Logements/îlots (rigoles de drainage biologiques, jardins de pluie), site (bassin d'infiltration)

Matériaux :

Rigoles de drainage biologiques : sable, terre, argile, gravier, végétation indigène.

Jardin de pluie : sable, mélange de terre perméable, argile, gravier, (petite) végétation indigène, bois (pour les jardinières de bord de route).

Bassin d'infiltration : bois, sable, mélange de terre perméable, argile, gravier, enrochement, végétation indigène (y compris arbres, buissons et petite végétation).

Impact environnemental :

Les rigoles de drainage biologiques et les jardins de pluie contribuent à la qualité des eaux souterraines et offrent de nouveaux habitats à la flore et à la faune locales. Cependant, le sol et la végétation peuvent être contaminés par les engrais utilisés ou des eaux pluviales très polluées (par exemple, les déchets et l'argile). La concentration de polluants peut entraîner une réduction globale de la perméabilité, ce qui provoque des mares d'eau stagnante et des maladies. En outre, l'engorgement des jardins de pluie peut entraîner une prolifération d'espèces invasives et de moustiques, ce qui pourraient avoir un impact négatif sur l'environnement. Il faut donc tenir compte des perturbations éventuelles du sol et de l'écosystème lors de la construction de jardins de pluie.

Danger naturel ciblé :

Inondation pluviale

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments

Type de stratégie :

Réduction de l'ampleur du danger

Délai de mise en œuvre :

Court (1 jour - 1 mois).

Durée de l'effet :

Rigoles de drainage biologiques, jardins de pluie : Moyen terme (1 an - 10 ans).

Bassin d'infiltration : Long terme (> 10 ans)

Coûts d'investissement :

Faibles :

L'installation et l'entretien requièrent peu de temps et les coûts sont donc relativement faibles, surtout si de la végétation indigène est utilisée.

Coûts d'entretien annuels :

Faibles (< 10 % des coûts d'investissement)

09 Collecte des eaux de pluie et bassins de rétention

Impact environnemental	3/3
Protection contre les risques	2/3
Durabilité	2/3
Accessibilité financière	3/3

Introduction

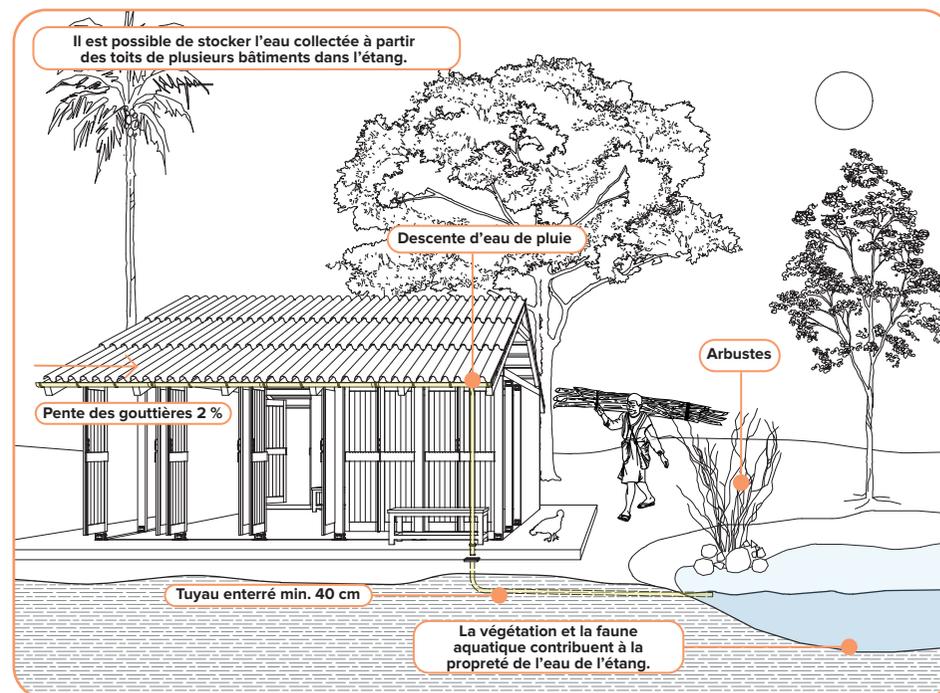
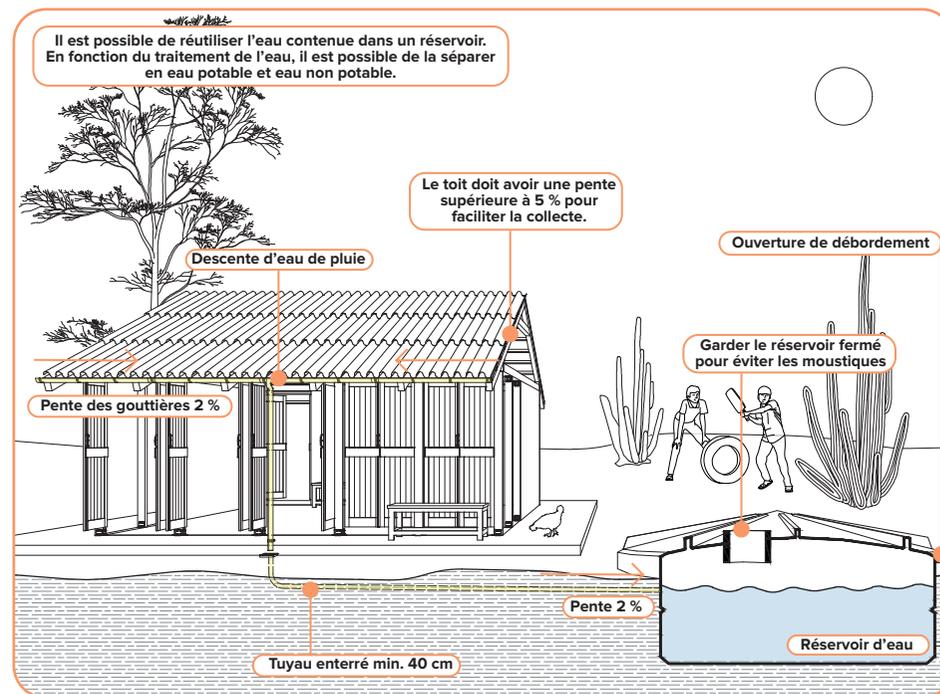
La récupération des eaux de pluie décrit le processus de collecte et de stockage de l'eau de pluie. Cette pratique permet de stocker les eaux de ruissellement provenant des toits, des cours, des serres, des réservoirs, des bassins de rétention ou d'autres infrastructures construites. C'est également le premier élément de la plupart des systèmes de drainage. L'eau peut être directement acheminée vers des drains dans le sol ou collectée en vue d'une utilisation ultérieure. Il existe plusieurs façons de récupérer l'eau de pluie, par exemple en utilisant des réservoirs d'eau, des barils de récupération d'eau de pluie ou des citernes. Les citernes peuvent être aussi simples que de grands conteneurs placés sur les toits pour le stockage des eaux de pluie. En général, l'eau collectée est utilisée pour l'irrigation, la lutte contre les incendies, les toilettes, les lavabos, les douches ou la lessive. La récupération des eaux de pluie est particulièrement utile dans le contexte de sites d'installation de déplacés/réfugiés situés dans des zones rurales où les conditions climatiques sont (semi-) arides ou tropicales.

Les bassins de rétention (également appelés étangs humides) sont un type particulier de bassins de récupération et/ou d'infiltration des eaux de pluie (voir la mesure [08]). Ils affichent un niveau d'eau permanent qui, lors de fortes pluies, permet d'accueillir et de stocker de plus grandes quantités d'eaux de ruissellement tout en améliorant la qualité de l'eau grâce aux processus naturels. La plupart du temps, l'eau collectée dans les étangs humides est utilisée pour l'irrigation ou l'abreuvement du bétail.

Avantages et risques

Outre l'atténuation des inondations dues aux eaux pluviales, les avantages de la récupération des eaux de pluie résident dans la sécurité alimentaire et la conservation des ressources en eau locales. L'idée de la conception circulaire met l'accent sur la réutilisation de l'eau (et donc l'utilisation des eaux grises) pour l'irrigation des espaces verts, le traitement de la couche arable ou les chasses d'eau. La réutilisation des eaux grises permet de réduire la pression sur les réserves en eau douce, l'utilisation de fosses septiques et l'utilisation générale de produits chimiques. L'eau réutilisée peut en outre contribuer à la fertilité des terres grâce aux nutriments qui, sinon, auraient très probablement été gaspillés.

Selon le traitement de l'eau collectée, on peut lui donner différentes utilisations (par exemple, l'eau chlorée est utile pour le nettoyage et peut même parfois être potable, mais elle est moins appropriée pour l'irrigation). Si les eaux grises sont réutilisées pour l'irrigation, elles doivent d'abord être filtrées pour éliminer le savon et les autres polluants. Lors de l'installation de systèmes de récupération des eaux, il est important d'informer correctement les utilisateurs des usages possibles de l'eau et des usages à éviter.



Bonne pratique

Système de récupération des eaux de pluie filtrées dans la ville de Mexico, Mexique.

À Mexico, l'organisation à but non lucratif Isla Urbana a mis au point des systèmes de récupération de l'eau de pluie pour les établissements urbains informels. Après avoir étudié quelles étaient les zones les plus sujettes à la pénurie d'eau et les plus aptes à recueillir les eaux de pluie, l'organisation a mis en place environ 20 000 systèmes de collecte et de traitement des eaux de pluie dans toute la ville. Après que les eaux de pluie ont été collectées sur les toits, l'eau est nettoyée au chlore afin d'être utilisée pour l'hygiène personnelle et le ménage. Cette solution permet non seulement de répondre au problème de la pénurie d'eau, mais aussi de réduire le gaspillage des eaux pluviales et les dommages que celles-ci pourraient causer à la suite d'inondations ou du débordement du réseau d'assainissement (Mseleku 2021).

Système de récupération des eaux de pluie non filtrées/eaux grises à Guirhora Kello, Burkina Faso.

L'ONG britannique Water Aid collabore avec les gouvernements nationaux et locaux pour aider les communautés marginalisées à disposer d'eau potable et d'installations sanitaires. C'est également le cas dans le village de Guirhora Kello, au Burkina Faso, où les eaux de pluie qui s'écoulent des toits des bâtiments publics sont récupérées dans des réservoirs de stockage installés à même le sol. L'eau stockée n'est pas filtrée et est donc utilisée comme eau grise pour des services tels que le lavage, les toilettes ou l'arrosage des plantations.

(Mseleku 2021).

Mseleku, E.S (2021)

Guidelines for Integrated Flood Control Design
in the Informal Settlements of Cape Town Municipality.
A case study of Kosovo, Philippi District.

Tasawwar, Sumbal ; Kassaye, Rahel Birhanu ; Schaldach, Ruth
(2018) Traditional Ecological Knowledge (TEK):
Rainwater Harvesting Methods – A Review.

Disponible en ligne à l'adresse suivante :
https://www.ruvival.de/wp-content/uploads/2018/07/Traditional_Ecological_Knowledge_Rainwater_Harvesting_Working_Paper.pdf

GRAF Ireland Environmental Ltd (2023)

How Do I Install A Rainwater Harvesting System?
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://www.graf.info/en-ie/knowledge-hub/blog/how-do-i-install-a-rainwater-harvesting-system.html>

Go Smart Bricks (2019)

Top 7 Types Of Rainwater Harvesting Systems You
Should Be Knowing (Go Smart Bricks).
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://gosmartbricks.com/top-7-types-of-rainwater-harvesting-systems-you-should-be-knowing/>

Aperçu des critères

Type d'intervention :

Technique, hybride

Échelle d'intervention :

Logement/ilot.

Matériaux :

Argile, béton, systèmes de filtration, réservoir citerne

Impact environnemental :

La récupération des eaux de pluie peut avoir un impact positif sur l'environnement naturel puisqu'elle contribue à la conservation des ressources en eau locales, en particulier en période de pénurie d'eau. En outre, elle minimise le besoin d'infrastructures complexes telles que les systèmes de tuyauterie, ce qui réduit les contraintes environnementales globales posées par les barrages ou les stations d'épuration. Toutefois, il convient de bien étudier les zones où les eaux grises seront utilisées afin d'éviter tout impact négatif sur l'environnement.

Danger naturel ciblé :

Inondation pluviale

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments

Type de stratégie :

Réduction de la vulnérabilité des biens

Délai de mise en œuvre :

Court (1 jour - 1 mois).

Durée de l'effet :

Long terme (> 10 ans)

Les réservoirs d'eau ont généralement une durée de vie de 10 à 20 ans.

Coûts d'investissement :

Faibles, moyens

Coûts d'entretien annuels :

Faibles (< 10 % des coûts d'investissement)

10 | Sol et chaussée perméables

Impact environnemental	3/3
Protection contre les risques	1/3
Durabilité	2/3
Accessibilité financière	2/3

Introduction

L'utilisation de matériaux perméables pour la surface des routes, des voies de circulation ou d'autres espaces ouverts diminue le débordement en augmentant la surface perméable globale, ce qui permet à l'eau de s'infiltrer dans le sol et, donc, de limiter le ruissellement. Plusieurs matériaux peuvent être utilisés, comme le gravier et le sable compactés pour les routes, des dalles avec des trous ou de grands joints perméables entre les dalles. Parmi tous les matériaux pouvant être utilisés pour les chaussées, il convient de promouvoir l'utilisation de ceux qui sont disponibles localement, dans la mesure du possible.

Combinées à des géotextiles, les chaussées perméables augmentent leur capacité poreuse et réduisent donc les besoins en réseaux d'assainissement et les coûts y afférents. Les géotextiles éliminent les polluants de l'eau avant que celle-ci ne pénètre dans le sol, ce qui en fait une solution écologique pour l'environnement en aval. Il en résulte un avantage connexe, à savoir la recharge des nappes phréatiques. Dans l'ensemble, les chaussées perméables sont plus efficaces dans le contexte de pluies de courte durée mais abondantes.

Avantages et risques

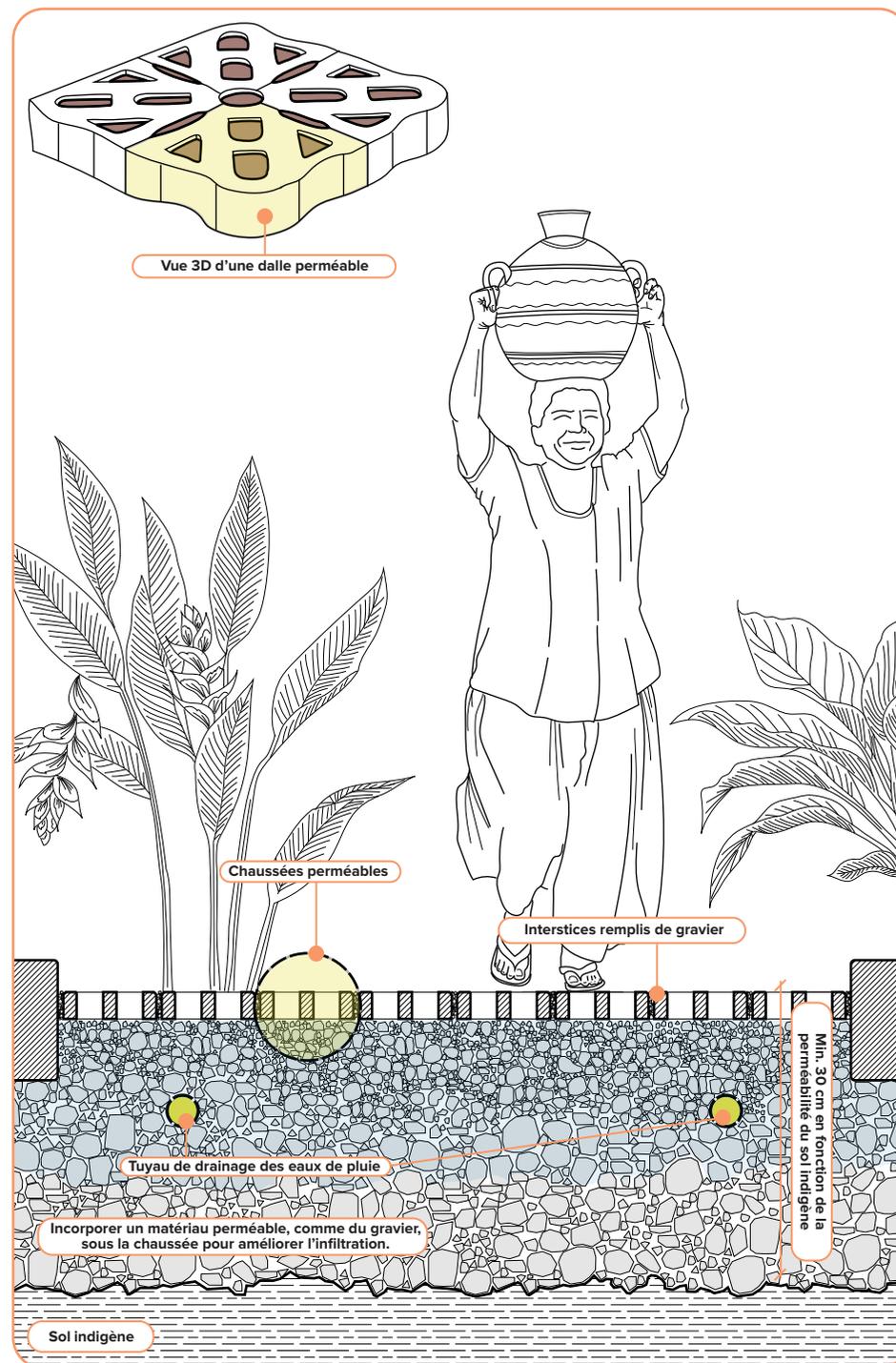
L'avantage des chaussées perméables réside dans l'atténuation des eaux pluviales, ce qui ralentit la détérioration de l'ensemble des infrastructures dans les sites de réfugiés. Cependant, le revêtement perméable a tendance à se colmater facilement avec des débris ou des sédiments et nécessite un entretien régulier. L'installation de chaussées perméables doit donc être évitée dans les zones où les charges polluantes sont régulières et élevées (par exemple, déchets, sédiments, stockage de produits chimiques).

Il existe parfois un risque d'augmentation du ruissellement. C'est le cas lorsque l'eau de pluie reste dans le revêtement perméable et se mélange à de nouvelles eaux pluviales. Enfin, les chaussées perméables doivent être utilisées principalement pour les voies piétonnes ou les routes à faible trafic en raison de leur capacité de charge limitée en présence d'un trafic dense et rapide.

Bonne pratique

Blocs perméables Terracrete dans l'établissement informel de Langrug, en Afrique du Sud.

Le type particulier de système de chaussée perméable Terracrete peut être partiellement rempli de terre et d'herbe. Des blocs perméables Terracrete ont été installés dans l'établissement informel de Langrug au Cap (Afrique du Sud). L'objectif de ce revêtement est de répondre aux problèmes locaux relatifs à l'écoulement des eaux pluviales, à la contamination des eaux usées, aux débris et aux déchets solides. À Langrug, 1000 mètres carrés de surface routière ont été équipés d'un revêtement perméable qui fait partie d'un système plus large de gestion des eaux. L'installation est reliée à des points d'évacuation des eaux grises et à un système de canalisations qui conduit les eaux récupérées jusqu'à des petites zones humides et des plantations d'arbres au lieu d'alimenter directement le réseau d'assainissement municipal. L'installation comprend également la plantation d'arbres indigènes le long de la chaussée. Le projet (The Berg River Improvement Plan) a été réalisé par les autorités du Cap-Occidental et Biomimicry SA (Mseleku 2021).



Aperçu des critères

Type d'intervention :

Hybride

Échelle d'intervention :

Logement-parcelle-îlot, site.

Matériaux :

Béton, déchets de construction, argile, géotextiles (par ex. roseaux, jute, coco), terre, herbe.

Impact environnemental :

En filtrant les polluants des eaux pluviales, les chaussées perméables (surtout si elles sont combinées à des géotextiles) peuvent contribuer à améliorer la qualité des eaux environnantes et des nappes phréatiques. Elles contribuent au maintien du niveau des eaux souterraines, ce qui profite aux écosystèmes locaux, à la végétation et aux ressources en eau. Néanmoins, certains modèles ne peuvent pas filtrer toutes les matières contaminantes présentes dans l'eau, lesquelles peuvent donc atteindre plus facilement les nappes phréatiques. Enfin, le revêtement perméable Terracrete contribue à réduire les îlots de chaleur dans les établissements humains car il peut être combiné à de la végétation et favorise l'évaporation de l'eau, ce qui refroidit les voies de circulation.

Danger naturel ciblé :

Inondation pluviale

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments

Type de stratégie :

Réduction de la vulnérabilité des biens

Délai de mise en œuvre :

Court (1 jour - 1 mois)

Durée de l'effet :

Long terme (> 10 ans).

Coûts d'investissement :

Moyens

120 - 170 AUD par mètre carré (contexte : Melbourne, Australie) (Concept Concrete 2022) ; 27 USD (530 ZAR) par mètre carré de pavés Terracrete (contexte : Afrique du Sud) (Pavement Materials Group, n.d.)

Coûts d'entretien annuels :

faibles (< 10 % des coûts d'investissement)

En raison du risque accru de colmatage, un entretien régulier est nécessaire (voir « Avantages et risques »). Nettoyage à l'aide d'une balayeuse aspiratrice deux fois par an.

Mseleku, E.S (2021)

Guidelines for Integrated Flood Control Design in the Informal Settlements of Cape Town Municipality. A case study of Kosovo, Philippi District.

Pavement Materials Group (2023)

Terracrete Grass Block Paver (350 x 350 x 100).

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

<https://www.pavementmaterials.co.za/products/terracrete-grass-block-paver-supplier-south-africa> (mise à jour 29/09/2023:28:05).

Sambito, Mariacrocetta ; Severino, Alessandro ; Freni, Gabriele ; Neduzha, Larysa (2021)

A Systematic Review of the Hydrological, Environmental and Durability Performance of Permeable Pavement Systems. Dans : *Sustainability* 13 (8), p. 4509. DOI: 10.3390/su13084509.

Concept Concrete (2022)

How Much Does Permeable Paving Cost?

(Décomposition complète des prix 2022) (Concept Concrete).

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

<https://conceptconcrete.com.au/blog/how-much-does-permeable-paving-cost/>

Minnesota Stormwater Manual (2022)

Design criteria for permeable pavement.

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php/Design_criteria_for_permeable_pavement (mise à jour 29/09/2023:32:55).



III. Adaptation des bâtiments et autres biens

Introduction et vue d'ensemble : adaptation des bâtiments et autres biens

En règle générale, pour atténuer les risques d'inondation des logements, on évite de construire dans des zones sujettes aux inondations ou aux glissements de terrain. S'agissant des sites et des logements de réfugiés, les emplacements tels que les lits de rivière de faible altitude, les remblais frais, les zones trop proches de rivières, de la mer ou de pentes abruptes sont à proscrire. Toutefois, cela n'est pas toujours possible en raison, entre autres, des contraintes liées à la disponibilité des terres.

Les solutions pour atténuer les dommages causés aux bâtiments et autres biens situés dans des zones inondables sont notamment les suivantes :

- a. Construire sur des terrains plus élevés (dans la mesure du possible) ;
- b. Surélever le sol du bâtiment ou de la zone au-dessus du niveau de l'inondation ;
- c. Laisser flotter le bâtiment ;
- d. Renforcer les structures existantes contre les inondations ;
- e. Construire des protections pour éviter que l'eau n'atteigne le bâtiment.

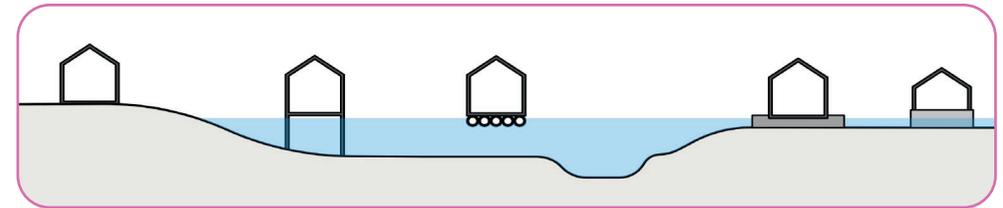


Fig 16. Construction sur un terrain plus élevé ; bâtiment surélevé ; maison flottante ; bâtiment surélevé ; structure consolidée. Patrizio Jellici 2023.

Le présent chapitre présente cinq mesures d'atténuation qui contribuent à l'adaptation des bâtiments dans les sites de réfugiés situés dans des zones sujettes aux inondations pluviales et fluviales :

1. **Architecture surélevée** (voir mesure [11])(voir mesure [08]) ;
2. **Constructions amphibies** (voir mesure [12]) ;
3. **Structures consolidées** (voir mesure [13]) ;
4. **Barrières temporaires contre les inondations** (voir mesure [14]) ;
5. **Toits et murs verts** (voir mesure [15]).

Certaines de ces mesures peuvent également s'appliquer à d'autres biens, tels que les routes et voies de circulation, les espaces ouverts et les terres agricoles. En ce qui concerne les latrines, on peut considérer leur superstructure comme un bâtiment, mais la fosse de latrines ou la fosse septique n'est probablement pas éligible à l'application de mesures d'atténuation similaires. A cet égard, il est plus approprié de prévoir et de stocker du matériel, tel que des pompes pour vider les fosses, en prévision de possibles inondations (voir mesure [21]).

11 | Architecture surélevée

Impact environnemental	3/3
Protection des risques	3/3
Durabilité	2/3
Accessibilité financière	2/3

Introduction

Une pratique courante et relativement simple pour lutter contre les inondations consiste à surélever les fondations des biens (bâtiments, latrines, parcelles entières, étables). Issue du savoir autochtone, l'élévation du sol des structures se fait au moyen de pieux, de remblais ou de pilotis. Lorsque l'on utilise des pilotis pour surélever un bâtiment, la solidité de la structure est primordiale, en particulier dans les régions sujettes aux vents violents, aux glissements de terrain ou aux tremblements de terre. Un calcul correct de conception structurelle est nécessaire avant de construire sur pilotis. Les constructions amphibies constituent un type particulier d'architecture surélevée (voir mesure [12]).

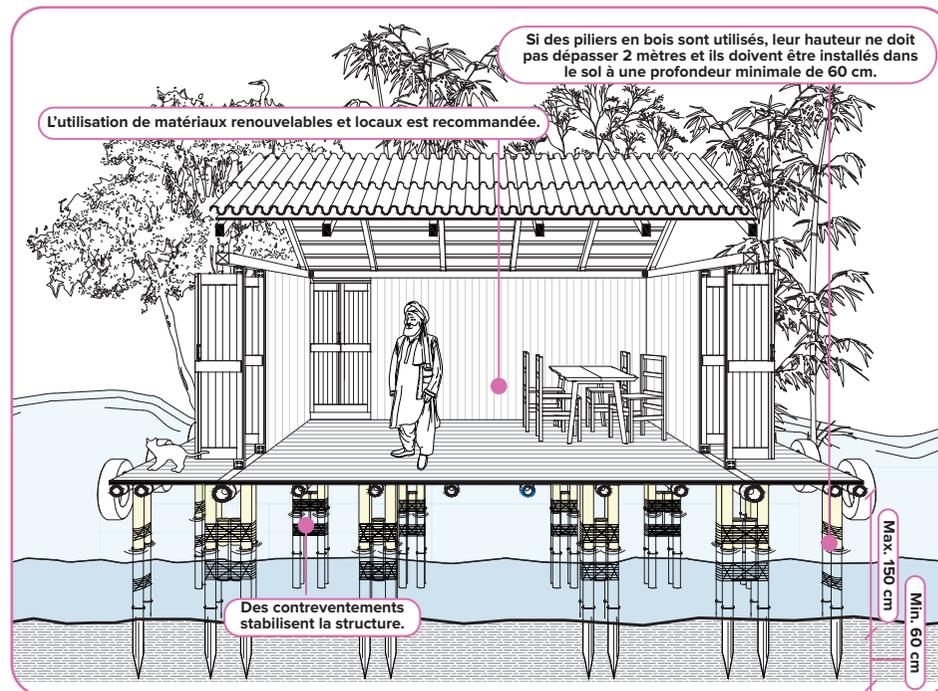
Avantages et risques

Le principal avantage de l'architecture surélevée est l'atténuation des effets des inondations. En outre, l'élévation du sol des structures peut aider à surmonter les difficultés liées au terrain et aux conditions du site, et offrir un espace supplémentaire de stockage sous la structure. D'autre part, l'architecture surélevée peut induire des risques supplémentaires dus à une stabilité structurelle défailante ou à une accessibilité difficile (par exemple, pour les personnes souffrant d'un handicap physique). En outre, si les biens surélevés peuvent contribuer à préserver l'écoulement naturel des eaux et les écosystèmes, ils risquent par ailleurs d'entraîner un appauvrissement de la nature sur le site, en fonction du type de construction.

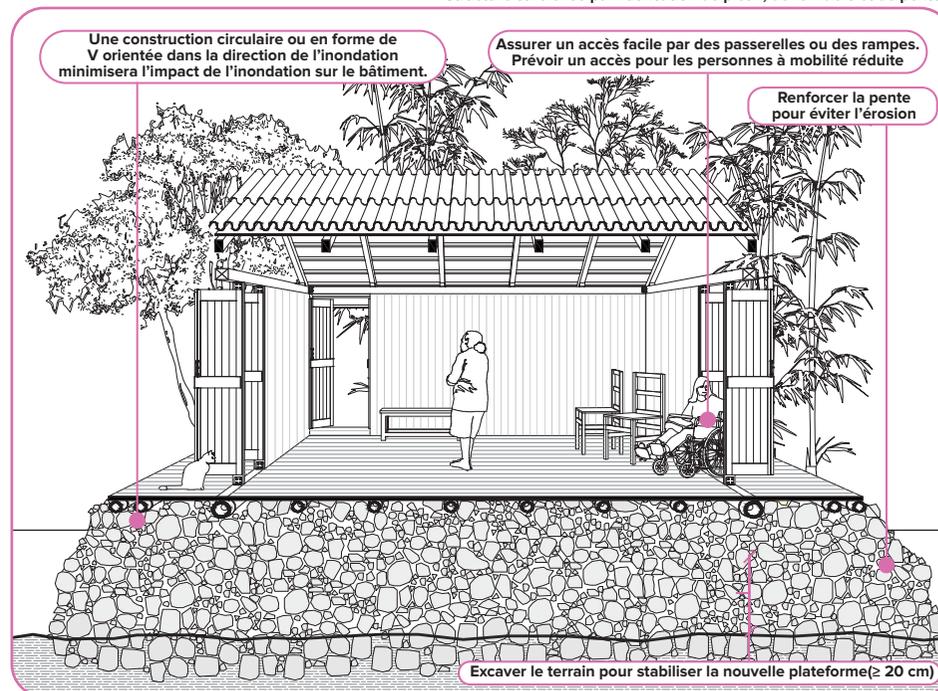
Bonne pratique

Élévation du centre de transit de Mavrouni à Lesbos, Grèce

Outre la surélévation de bâtiments individuels, des zones entières peuvent être surélevées. Le centre de transit de Mavrouni à Lesbos, en Grèce, en est un exemple. Il a été construit après la destruction, par un incendie, du camp de réfugiés de Moria. Cependant, juste après la construction du centre de transit, un tiers de la zone a été inondé. Dans un premier temps, des palettes ont été placées sous les tentes, ce qui s'est avéré insuffisant pour faire face aux inondations. Toute la zone a donc été surélevée d'un demi-mètre par une couche de gravier. Ces solutions sont souvent très coûteuses, surtout à grande échelle, et nécessitent d'énormes quantités de matériel. Elles doivent donc être limitées à de petites zones ou évitées grâce à une adaptation de la planification du site.



Structure surélevée par l'utilisation de pieux, de remblais et de pentes.



Aperçu des critères

Type d'intervention :

Hybride

Échelle d'intervention :

Logement-parcelle-îlot

Matériaux :

Bois, sable, terre, argile, bois d'œuvre, bambou, chaume, bâche en plastique (sélection)

Impact environnemental :

Les impacts environnementaux peuvent provenir des matériaux (extraction, production, transport) et de l'énergie nécessaires à la construction. Contrairement aux bâtiments construits à même le sol, les constructions surélevées ont tendance à augmenter la consommation d'énergie, laquelle est nécessaire pour la construction de supports structurels, d'escaliers ou de décharges.

Danger naturel ciblé :

Inondation pluviale, inondation côtière/fluviale

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments, infrastructures techniques.

Type de stratégie :

Réduction de la vulnérabilité des biens

Délai de mise en œuvre :

Court (1 jour - 1 mois), moyen (1 mois - 1 an)

La période de mise en œuvre comprend l'évaluation du site, l'excavation, la constitution du remblai, le nivellement et la construction du bien. La durée dépend de l'ampleur et de la complexité du projet. Des problèmes inattendus, tels que des conditions météorologiques ou logistiques défavorables, peuvent également prolonger la mise en œuvre.

Durée de l'effet :

Moyen terme (1 an - 10 ans).

La durée de l'effet des structures surélevées dépend de leur conception (par exemple, si elles sont construites sur des pilotis ou sur un remblai) et du contexte local. Par exemple, la durée de vie des remblais dépend de leur compactage, de la qualité et de la durabilité des matériaux utilisés, et de leur capacité à résister à des conditions climatiques extrêmes.

Coûts d'investissement :

Moyens

En raison de leur structure plus complexe, les constructions surélevées peuvent être plus coûteuses que les constructions au sol.

Coûts d'entretien annuels :

Moyens (10-50 %)

The Associated Programme on Flood Management (2017)
COMMUNITY-BASED FLOOD MANAGEMENT.
Integrated flood management tools series.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/APFM_Tool_4_e.pdf

ONU-Habitat Myanmar (2015)
Manual on Flood - Causes, Effects & Preparedness.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
https://themimu.info/sites/themimu.info/files/documents/Guideline_Flood%20Manual_UN-Habitat.pdf

12 | Constructions amphibies

Impact environnemental	2/3
Protection contre les risques	2/3
Durabilité	2/3
Accessibilité financière	2/3

Introduction

Les constructions amphibies sont une alternative avantageuse aux bâtiments surélevés (voir mesure [11]) lorsque ceux-ci risquent d'être endommagés par des vents violents. L'élévation temporaire du bâtiment de sorte à ce qu'il reste au-dessus de l'eau pendant une inondation étant le concept clé d'une habitation amphibie, ce type de construction est moins vulnérable aux dégâts causés par les vents. En cas d'inondation, les fondations des maisons amphibies reposent sur le sol. Les autres parties de la maison ont un cadre structurel qui flotte en fonction de l'intensité et de la profondeur de l'inondation.

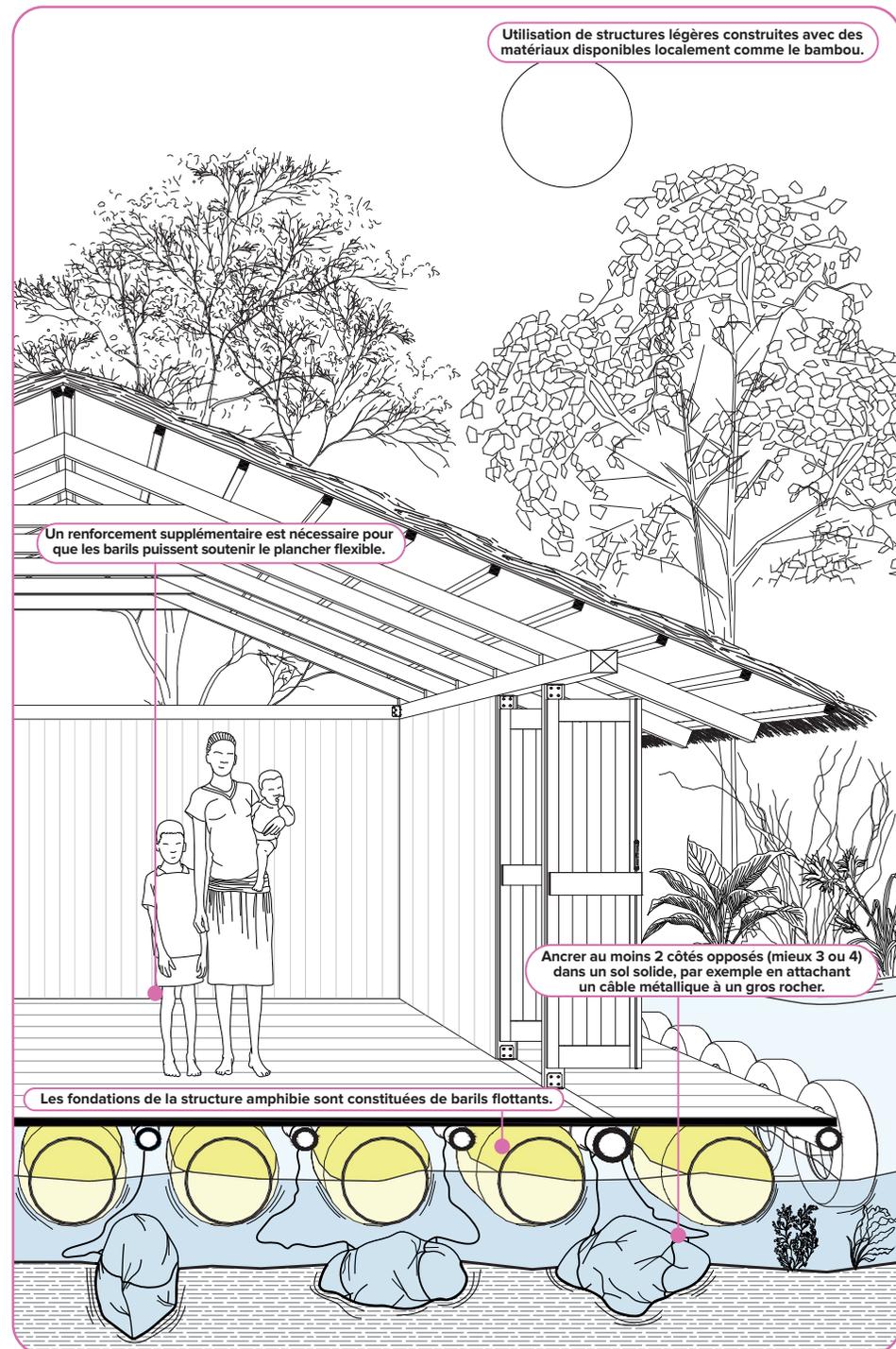
Avantages et risques

Dans certains contextes, les logements amphibies peuvent être moins coûteux que des logements surélevés en permanence (voir mesure [11]). Toutefois, il est nécessaire d'étudier l'impact de ces habitations sur les écosystèmes aquatiques, car elles peuvent altérer la qualité de l'eau se trouvant sous et à proximité de la structure. L'impact environnemental dépend de l'ampleur et du nombre d'habitations flottantes. En outre, la conception et l'intérieur des habitations amphibies nécessitent un haut niveau de précision afin de garantir la stabilité générale de la structure ou prévenir son inclinaison. Un ancrage adéquat permettant à la plateforme de s'élever avec le niveau de l'eau tout en l'empêchant de dériver et de s'écraser contre d'autres bâtiments ou objets est nécessaire.

Bonne pratique

Pour lutter contre les risques d'inondation dans les établissements humains les plus vulnérables près de la rivière Jamuna à Sirajganj (Bangladesh), des prototypes de maisons flottantes ont été conçus et mis en place avec les membres de la communauté. Ces prototypes permettent de moderniser les structures d'habitation existantes en adaptant la structure intérieure : le concept de flottabilité est utilisé pour concevoir le plancher comme un vaisseau creux, qui monte et descend en fonction du niveau des eaux de crue. Le niveau du plancher est fait d'une surface légère qui repose sur des chevrons en bois. La surface comme les chevrons sont en bois d'œuvre. Les espaces vides à l'intérieur de la construction sont ensuite comblés à l'aide de bouteilles en plastique réutilisées.

Le processus de construction est entrepris de manière participative, en association avec les communautés locales et en veillant à ce que leur membres apprennent à construire les maisons eux-mêmes. La participation de la communauté contribue à l'autonomisation locale, à la création d'une identité et à l'entretien indépendant des bâtiments. Le projet a été réalisé par CORE (Community REsilience through Rapid Prototyping of Flood Proofing) et l'Université d'ingénierie et de technologie du Bangladesh (BUET) (Mseleku 2021).



Aperçu des critères

Type d'intervention :

Technique

Échelle d'intervention :

Logement-parcelle-îlot

Matériaux :

Bois, sable, terre, argile, béton, bois d'œuvre, acier, tonneaux, bambou, surface légère, chevrons (bois), bouteilles en plastique (voir la bonne pratique).

Impact environnemental :

L'empreinte carbone des constructions amphibies dépend de l'emplacement du site de réfugiés, de la conception du bâtiment, des matériaux, de l'entretien et du transport pour la livraison des matériaux et la construction. En général, les matériaux locaux (par exemple, le bambou) et renouvelables permettent de réduire l'empreinte carbone. La minimisation du transport des matériaux et l'introduction de l'énergie solaire et éolienne améliorent l'impact environnemental global des constructions amphibies.

Danger naturel ciblé :

Inondation pluviale, inondation côtière/fluviale

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments

Type de stratégie :

Réduction de la vulnérabilité des biens

Délai de mise en œuvre :

Moyen (1 mois - 1 an).

Durée de l'effet :

Moyen terme (1 an à 10 ans), long terme (> 10 ans)

La durée de vie dépend des matériaux de construction, de l'exposition du site de réfugiés aux dangers naturels, de l'entretien et des réparations.

Coûts d'investissement :

Moyens

Par exemple, en Louisiane (États-Unis), un système de flottaison coûte environ 5 000 USD tout au plus (English 2016).

Coûts d'entretien annuels :

Moyens (10-50 %)

Anthes, Emily : Amphibious Architecture.

Float when it floods. Dans : *Anthropocene.*

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

<https://www.anthropocenemagazine.org/2018/09/amphibious-architecture>

Bamboo House India (2017)

Constructing a Bamboo House (Ground) – Process.

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

<https://www.youtube.com/watch?v=w9pz9HEI6D>

Climate ADAPT (2023)

Floating and amphibious housing.

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/floating-and-amphibious-housing/#success_factors

English, Elizabeth C. (2016)

Amphibious Architecture.

Where Flood Risk Reduction meets

Climate Change Adaptation.

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

https://www.munichre-foundation.org/content/dam/munichre-foundation/publications/2016_IMC_Day3_PS6%20Presentation%20English.pdf/jcr_content/renditions/original/2016_IMC_Day3_PS6%20Presentation%20English.pdf

Global Shelter Cluster (2018)

Shelter & Settlements.

The Foundation of Humanitarian Response. Genève.

Leung, Tak (2014)

Amphibious Bamboo House.

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

[https://issuu.com/tak_leung/docs/amphibious_bamboo_house_issuu_\(mise_à_jour29/09/2023:37:39\)](https://issuu.com/tak_leung/docs/amphibious_bamboo_house_issuu_(mise_à_jour29/09/2023:37:39))

Mseleku, E.S (2021)

Guidelines for Integrated Flood Control Design

in the Informal Settlements of Cape Town Municipality.

A case study of Kosovo, Philippi District.

Ullal, André ; Estrella, Xavier (2021)

South Sudan - State-of-the-Art on Flood Resilient Shelters.

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

<https://infoscience.epfl.ch/record/292580>

13 Consolidation des structures

Impact environnemental	2/3
Protection contre les risques	2/3
Durabilité	1/3
Accessibilité financière	2/3

Introduction

La consolidation des structures à l'échelle des logements ou des îlots vise un seul bâtiment ou un groupe de logements. Lorsqu'il n'est pas possible d'élever les logements, des interventions de consolidation peuvent atténuer les effets des inondations sur les infrastructures construites. Ces interventions à petite échelle comprennent la protection contre les inondations par voie sèche ou humide, ainsi que les murs d'endiguement et les levées à caractère permanent.

La **protection contre les inondations par voie sèche** consiste à protéger les murs et les ouvertures d'un bâtiment contre l'eau. L'objectif est que l'eau ne puisse pas pénétrer dans la structure. Dans ce contexte, il est important de prévoir des couches sacrificielles, c'est-à-dire des couches conçues pour être « sacrifiées » ou remplacées après une inondation. L'objectif est de protéger le logement et d'atténuer les dommages que peuvent subir ses parties les plus essentielles, tout en réduisant les coûts de réparation. Les couches sacrificielles peuvent être des couches de murs extérieurs, des portes de protection, des revêtements résistants aux inondations, des portes et murs imperméables, ou des barrières temporaires contre les inondations telles que des sacs de sable (*voir également la mesure [14]*). Le processus de protection contre les inondations par voie humide consiste à permettre aux eaux de crue de pénétrer dans l'infrastructure construite sans risquer de l'endommager. Il peut s'agir d'utiliser des matériaux résistants aux inondations, de protéger des équipements collectifs des services publics ou de prévoir des ouvertures dans la structure.

Les murs d'endiguement (en béton ou en acier) et les levées (en terre) à caractère permanent sont placés le long des berges pour protéger les infrastructures bâties adjacentes contre les inondations. Les levées peuvent également être érigées autour d'un logement ou d'un îlot, là où les structures sont les plus sujettes aux inondations ou à la formation de mares. Les matériaux imperméables utilisés pour fabriquer ces barrières sont l'argile, la boue, le béton, la maçonnerie ou l'acier.

Avantages et risques

L'avantage de la protection contre les inondations par voie sèche ou humide est qu'elle est comparativement moins coûteuse que d'autres interventions de modernisation. Cependant, la protection contre les inondations par voie humide ou sèche peut présenter l'inconvénient de nécessiter un entretien régulier, ou une évacuation en cas d'inondation malgré la mise en place des protections. En outre, la protection contre les inondations par voie humide peut entraîner la contamination de l'intérieur des bâtiments par les eaux usées ou les produits chimiques qui peuvent être présents dans les eaux de crue. Cela requiert un nettoyage important et peut rendre les logements inhabitables pendant un certain temps.

Bonne pratique

Couches sacrificielles au Bangladesh

Au Bangladesh, Caritas a mené une intervention en matière d'hébergement pour les réfugiés du Myanmar. Entre autres mesures, dans le cadre d'un projet mené en 2018, l'intervention a consisté à installer des couches sacrificielles dans les camps de réfugiés tout en encourageant les traditions de construction locales et les solutions d'hébergement. Cependant, les responsables du projet se sont également penchés sur l'amélioration des conditions de logement et ont formulé des recommandations sur les mesures à prendre en matière de logement, par exemple après la mousson. Dans cette optique, il a été constaté que l'utilisation d'une chape de ciment pour enduire des murs en terre n'était pas une bonne idée car les matériaux n'adhèrent pas l'un à l'autre et, avec le ciment, la terre ne peut pas sécher puisqu'elle n'est pas perméable à l'humidité.

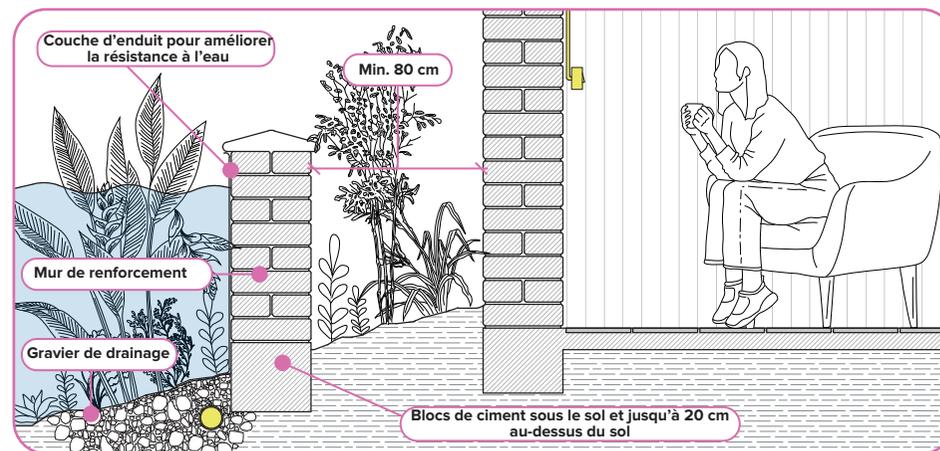
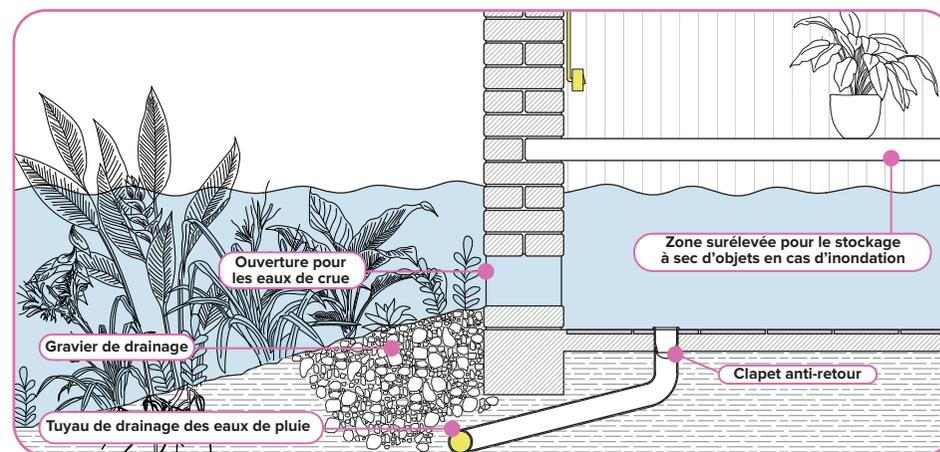
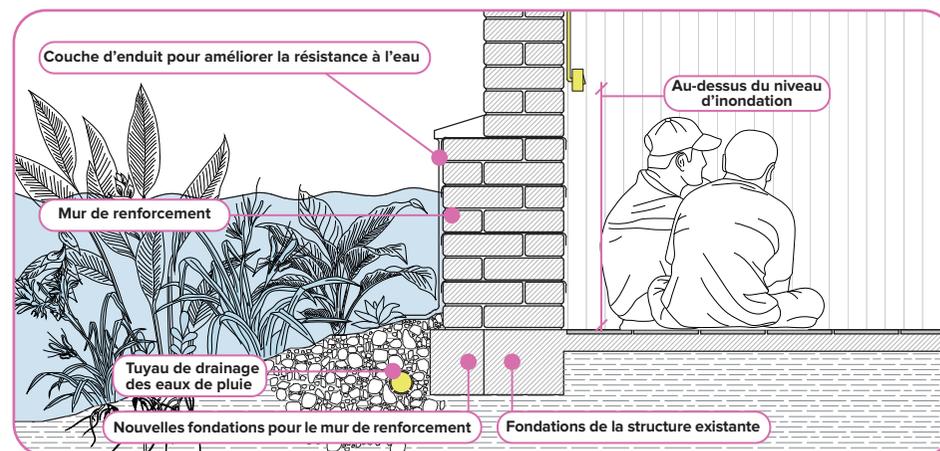




Fig 11. Maison traditionnelle du Bangladesh dotée d'une double couche sacrificielle. J. Horta, CRAterre, 2018.



Fig 12. Consolidation d'une structure avec des matériaux réutilisés dans un site de réfugiés. E. Cauderay, CRAterre, 2019.



Fig 13. Consolidation d'une structure avec des matériaux réutilisés dans un site de réfugiés. E. Cauderay, CRAterre, 2019.



Fig 14. La consolidation des structures dans les sites de réfugiés nécessite parfois un renforcement important. E.Cauderay, CRAterre, 2019.

Aperçu des critères

Type d'intervention :

Technique, hybride

Échelle d'intervention :

Logement-parcelle-îlot

Matériaux :

Argile, boue, béton, maçonnerie de briques, acier, bâches en plastique/géotextile (sélection)

Impact environnemental :

S/O

Danger naturel ciblé :

Inondation pluviale, inondation côtière/fluviale

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments

Type de stratégie :

Réduction de la vulnérabilité des biens

Délai de mise en œuvre :

Court (1 jour - 1 mois).

Durée de l'effet :

Court terme (< 1 an), moyen terme (1 an - 10 ans)

Coûts d'investissement :

Faibles

Coûts d'entretien annuels :

Moyens (10-50 %)

Serlet, Murielle (2020)
Study on shelter response of Caritas Bangladesh for the Forcibly-Displaced Citizens of Myanmar. 2018.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://craterre.hypotheses.org/2498> (mis à jour en 2020).

Ullal, André ; Estrella, Xavier (2021)
South Sudan - State-of-the-Art on Flood Resilient Shelters.

FEMA (2021)
Wet Floodproofing.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://www.fema.gov/glossary/wet-floodproofing>
(mise à jour 29/09/2023-01:09).

FloodWise (2023)
Dry Floodproofing (Dry Floodproofing).
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://floodwise.ca/protect-your-home-business/floodproofing/dry-floodproofing/>

14 | Barrières temporaires contre les inondations

Impact environnemental	2/3
Protection contre les risques	1/3
Durabilité	1/3
Accessibilité financière	3/3

Introduction

Les barrières temporaires contre les inondations sont des systèmes de protection contre les inondations préinstallés et amovibles, placés à l'entrée des bâtiments, dans les cours, les voies de circulation ou les routes, entre autres. Elles sont utilisées lorsque des interventions immédiates sont nécessaires ou que des mesures permanentes de protection contre les inondations ne sont pas adaptées aux ressources techniques, économiques ou environnementales d'un contexte donné. Les barrières temporaires, ou murs d'endigement, peuvent notamment prendre la forme de panneaux, de conteneurs ou de tubes remplis de terre et de sable.

Avantages et risques

Bien que les barrières temporaires soient largement acceptées et faciles à installer et que leur coût soit plus abordable, elles sont également plus sujettes à des défaillances opérationnelles que d'autres solutions. Elles présentent en outre le risque de rediriger les eaux de crue, ce qui augmente encore les risques d'inondation en aval de l'endroit où elles ont été installées.

Bonne pratique

a1. Sacs anti-inondation (sacs de sable sans sable)

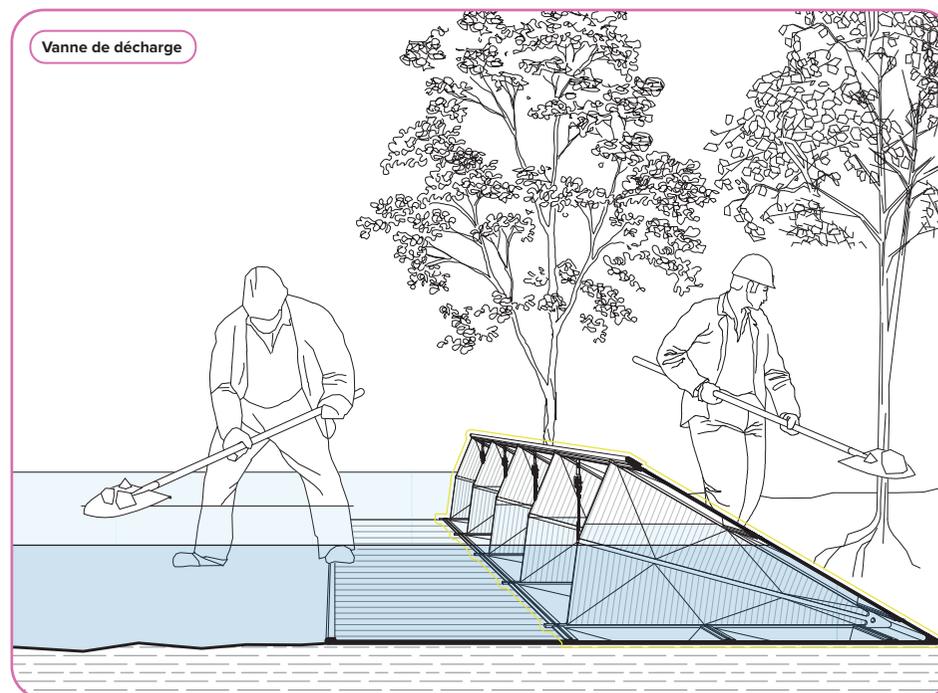
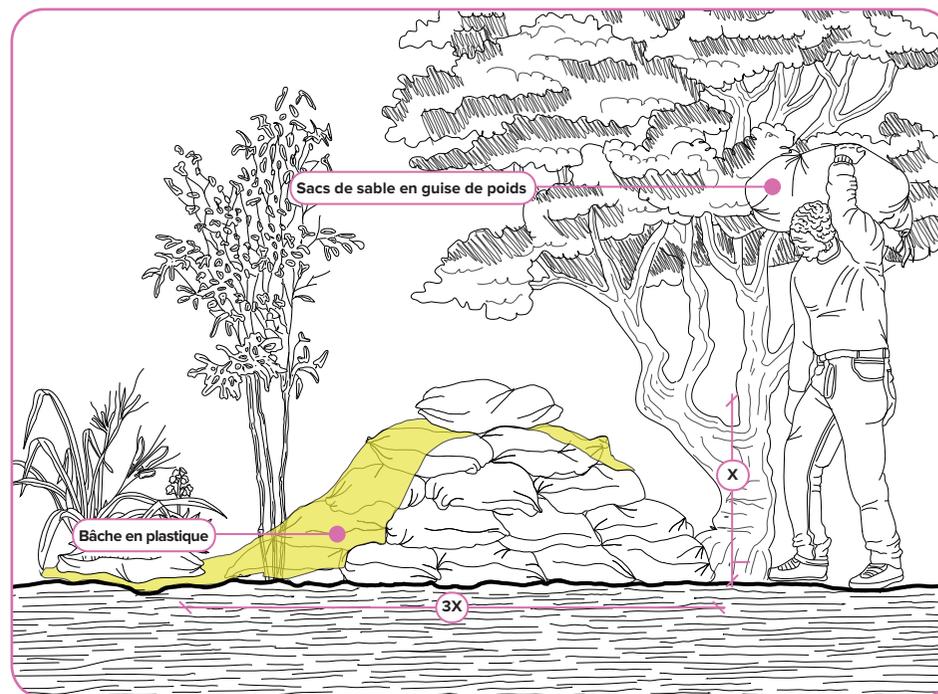
Cet exemple de conception présente une barrière anti-inondation à petite échelle, installée temporairement, qui remplit les mêmes fonctions qu'un sac de sable mais qui est moins lourde car les sacs ne sont pas remplis de sable. Avant qu'elle n'entre en action, la barrière anti-inondation consiste en des sacs vides, compacts et légers. Lorsque la barrière entre en contact avec l'eau, elle gonfle jusqu'à atteindre un poids de 15 kg en 10 minutes. Les sacs facilement empilables et dégradables sont alors capables de détourner l'eau et d'en absorber jusqu'à 10 litres. La longueur des barrières varie de 1,5 m à 5 m ; celles-ci peuvent être mises en place dans les sites de réfugiés, en particulier pour protéger un site par voie sèche en cas de petites inondations. Elles peuvent rester en place jusqu'à 6 mois.

a2. Vanne de décharge

Les vannes de décharge, faciles à installer, permettent de contrôler les eaux de crue. Les vannes utilisent la pression des eaux de crue pour s'auto-stabiliser. La mesure est plus coûteuse, mais les vannes sont réutilisables et plus légères que des sacs de sable. Néanmoins, l'installation est susceptible de ne pas résister aux mêmes débits que les sacs de sable et doit être utilisée en particulier en amont de la zone inondée, là où l'écoulement est faible. L'échelle d'intervention des vannes de décharge va d'une seule maison au site tout entier (Design 1st 2021).

a3. Utilisation de sacs de sable de faible technicité à Cox's Bazar, Bangladesh

Dans les régions vallonnées, les fortes pluies et les inondations vont de pair avec les glissements de terrain. Les biens doivent donc être protégés et les pentes stabilisées. À Cox's Bazar, où les solutions durables ne sont pas autorisées, les mesures de protection de faible technicité utilisant des sacs de sable ont été privilégiées pour résoudre les problèmes. Ceux-ci constituent une solution rapide et abordable, mais nécessitent un entretien important ou un remplacement fréquent. Leur durabilité dépend des sacs et des matériaux de remplissage.



Aperçu des critères

Type d'intervention :

Technique, hybride

Échelle d'intervention :

Logement-parcelle-îlot, site.

Matériaux :

Sable, terre, géotextiles, panneaux (les matériaux varient en fonction de la conception de la barrière ; ils sont souvent entièrement préconçus et prêts à l'emploi).

Impact environnemental :

Les impacts environnementaux positifs des barrières temporaires contre les inondations comprennent la diminution de l'érosion grâce à la déviation des eaux de crue ou à la stabilisation des berges. En même temps, certaines barrières contre les inondations peuvent contenir les eaux de crue polluées dans une zone définie et minimiser la propagation de la contamination à d'autres zones. Par ailleurs, les impacts environnementaux négatifs des barrières d'inondation résident dans la possible perturbation (temporaire) des habitats et des écosystèmes, comme l'entrave au déplacement des espèces.

Danger naturel ciblé :

Inondation pluviale, inondation côtière/fluviale

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments, transports

Type de stratégie :

Réduction de la vulnérabilité des biens

Délai de mise en œuvre :

Court (1 jour - 1 mois).

Durée de l'effet :

Court terme (< 1 an)

Coûts d'investissement :

Faibles

Coûts d'entretien annuels :

faibles (< 10 % des coûts d'investissement)

En général, l'utilisation de barrières temporaires contre les inondations n'implique pas d'entretien.

Design 1st. (2021)

5 New Flood Prevention Products.

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

<https://www.design1st.com/5-innovative-flood-prevention-products-replace-sandbags/>

OIM ONU Migration (2020)

Site Improvement Catalogue.

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

<https://www.humanitarianlibrary.org/resource/isccq-site-improvement-catalogue>

The Associated Programme on Flood Management (2012)

FLOOD PROOFING. INTEGRATED FLOOD MANAGEMENT

TOOLS SERIES. Disponible en ligne à l'adresse suivante :

https://www.floodmanagement.info/publications/tools/APFM_Tool_15.pdf

Impact environnemental	3/3
Protection contre les risques	1/3
Durabilité	2/3
Accessibilité financière	2/3

Introduction

Les toits verts sont des installations végétalisées situées au-dessus d'un bâtiment ou d'une autre structure bâtie. En fonction du type de bâtiment, de sa taille et de la solidité de sa structure, les installations peuvent aller de simples toits verts peu coûteux à des jardins de toit complexes et coûteux. De même, les murs verts sont des installations verticales végétalisées le long de n'importe quel type de mur. Ils sont particulièrement privilégiés dans les zones où l'espace de plantation au sol est limité. Les toits et les murs verts peuvent contribuer à l'atténuation des inondations en ralentissant l'écoulement de l'eau sur le toit et, par exemple, en évitant que les gouttières ne débordent. Il est préférable de les combiner avec d'autres mesures telles que la récupération des eaux de pluie (voir mesure [09]).

Avantages et risques

Les toits verts sont multifonctionnels. Ils atténuent le ruissellement et absorbent les eaux pluviales, en particulier en cas de précipitations peu intenses mais fréquentes. Les toits verts peuvent aussi réduire la pollution de l'air et les îlots de chaleur. En outre, ils favorisent les microclimats et permettent d'économiser de l'énergie grâce à leur effet rafraîchissant, qui diminue le besoin de climatisation. Les toits verts peuvent également favoriser la valeur d'agrément en offrant, par exemple, un espace pour la récupération de l'eau, pour les loisirs, pour la production alimentaire ou pour l'éducation. Comme les toits verts, les murs verts réduisent les îlots de chaleur et atténuent le ruissellement des eaux de pluie des bâtiments. Cependant, dans le cas de fortes pluies, l'effet d'atténuation est moins efficace que celui des toits verts.

Exemple de conception

Conteneurs à toit vert

Les conteneurs à toit vert peuvent être une option de conception de logements dans les sites de réfugiés. Les logements provisoires, notamment ceux fabriqués à partir de conteneurs, peuvent être équipés de toits verts qui offrent de nouveaux habitats pour la biodiversité et de l'espace pour une éventuelle production alimentaire. En fonction du contexte local, le toit vert comprend une couche de matériaux filtrants, une couche de terre et une couche de végétation indigène. La taille courante des conteneurs (d'expédition réutilisés) est d'environ 6 x 2,4 mètres (Full Circle Design (n.d.)).

Bonne pratique

Géré par le HCR, le camp de Domiz dans le nord de l'Iraq accueille plus de 40 000 réfugiés syriens. En collaboration avec un paysagiste, le HCR a élaboré une stratégie de végétalisation comprenant l'installation de plantes et arbres syriens tels que des roses, des grenadiers ou des citronniers, également sous la forme d'un mur végétal. Le mur était équipé de boîtes de conserve et de bouteilles en plastique pouvant absorber l'eau des petites pluies, installées verticalement pour le jardinage (Padoan 2018).

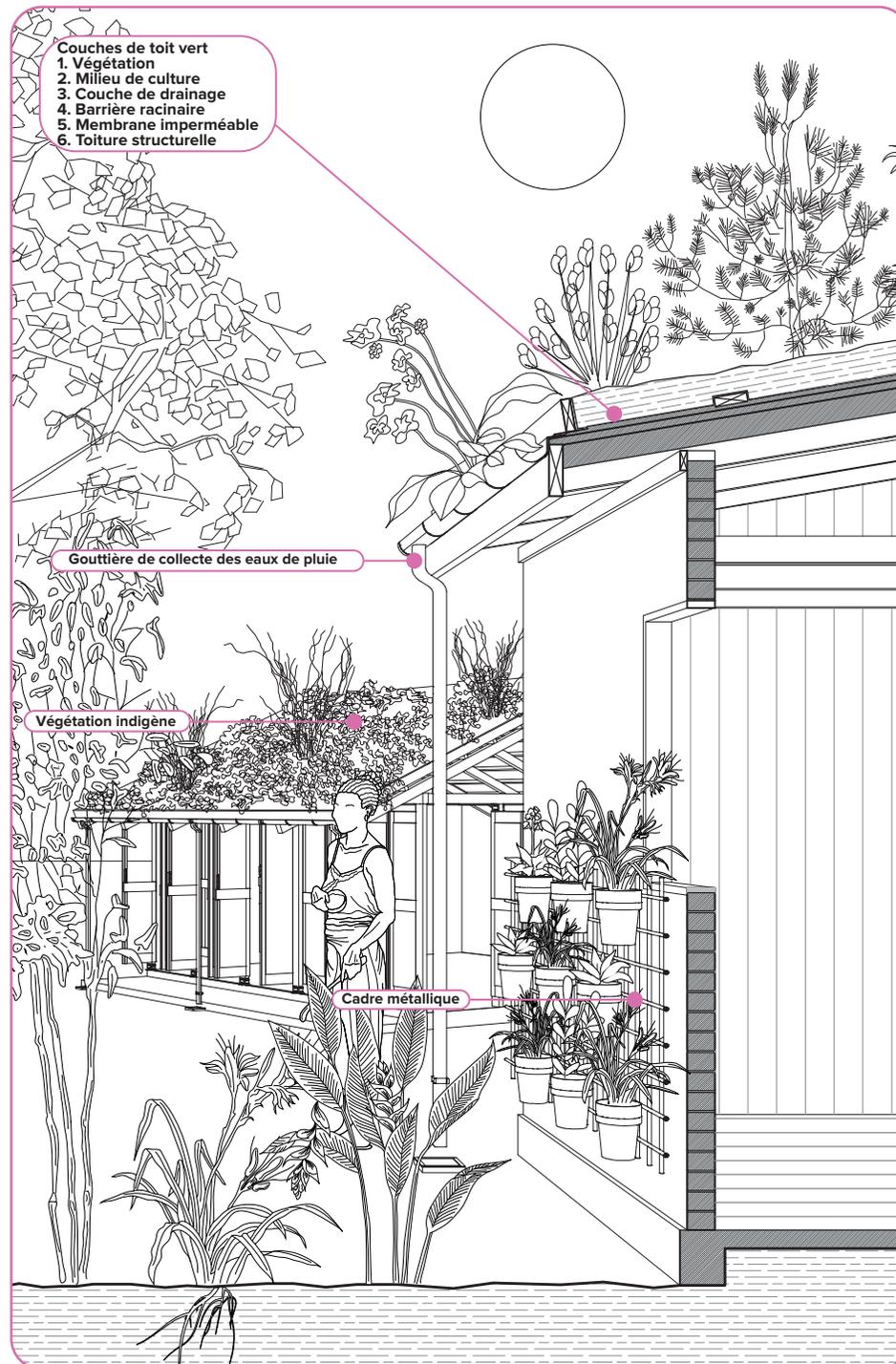




Fig 15. Modèle de conteneur d'expédition à toit vert. Beaumé et Pabón 2023, d'après Full Circle Design and Illustration (n.d.).

Green Roof Shelters Ltd (2022)
The Green Roof Shelters Container family... In The Green Roof Shelters. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://greenroofshelters.co.uk/green-roof-shelters-container-family/>

Naturally Resilient Communities: USING NATURE TO ADDRESS FLOODING.
Disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://nrcsolutions.org/>

Padoan, Laura (2018)
Seeds of hope: Chelsea Flower Show inspires refugee gardeners Lemon Tree Trust's garden reflects the hidden beauty in refugee camps. Dans : UNHCR Royaume-Uni. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.unhcr.org/news/latest/2018/5/5b05755b4/seeds-of-hope-chelsea-flower-show-inspires-refugee-gardeners.html>

Ruangpan, L. ; Vojinovic, Z. ; Di Sabatino, S. ; Leo, L. S. ; Capobianco, V. ; Oen, A. M. P. et al. (2020)
Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction: a state-of-the-art review of the research area. Natural Hazards and Earth System Sciences 20 (1), p. 243-270. DOI: 10.5194/nhess-20-243-2020.

Aperçu des critères

Type d'intervention :

Hybride

Échelle d'intervention :

Logement-parcelle-îlot

Matériaux :

Bois, terre, membrane imperméable, drainage et filtrage, milieu de culture (terre), irrigation et matériel végétal, (conteneurs d'expédition réutilisés), peinture.

Impact environnemental :

Les toits (et les murs) verts peuvent servir de nouveaux habitats pour les insectes, les oiseaux ou d'autres animaux, ce qui accroît la biodiversité locale. La végétation peut améliorer la qualité de l'air grâce à l'absorption du dioxyde de carbone et favoriser les économies d'énergie (voir « Avantages et risques »). Bien que l'impact environnemental des toits verts soit généralement positif, il peut y avoir des effets inverses, par exemple en raison de l'introduction d'espèces végétales non indigènes ou envahissantes.

Danger naturel ciblé :

Inondation pluviale

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments

Type de stratégie :

Réduction de l'ampleur du danger, réduction de la vulnérabilité des biens

Délai de mise en œuvre :

Moyen (1 mois - 1 an).

La durée de mise en œuvre des toits verts varie généralement de quelques semaines à quelques mois. Toutefois, le délai dépend fortement de facteurs tels que la spécificité du site, les conditions météorologiques, la logistique, la taille du toit, la complexité de la structure, la disponibilité locale des matériaux et l'expertise en matière d'installation de toits verts.

Durée de l'effet :

Long terme (> 10 ans).

Bien que la membrane imperméable d'un toit vert ait une durée de vie d'environ 40 ans, un entretien régulier de l'installation, de la végétation et de la terre est nécessaire.

Coûts d'investissement :

Faibles.

Aux États-Unis, l'installation d'un mètre carré de toiture verte coûte environ de 10 à 25 dollars. La mise en place d'un toit vert sur une structure existante qui a besoin d'être renforcée peut entraîner des coûts supplémentaires. Néanmoins, il est avéré que l'investissement dans une toiture verte est rapidement rentabilisé, notamment grâce aux économies d'énergie permises par l'infrastructure verte.

Coûts d'entretien annuels :

Faibles (< 10 % des coûts d'investissement)



IV. Restauration de la nature

Introduction et résumé : Restauration de la nature

Les sites d'installation de déplacés/réfugiés puisent dans les ressources naturelles environnantes. La planification de l'habitat doit donc tenir compte de l'importance des écosystèmes naturels fonctionnels et de leur rôle dans l'atténuation des dangers naturels. Le présent chapitre traite de l'importance de la restauration de la nature et des solutions fondées sur la nature pour la gestion des risques d'inondation en tant qu'interventions alternatives ou complémentaires aux mesures techniques et hybrides. Il présente quatre types de mesures de restauration de la nature :

1. **Restauration des zones humides** *(voir mesure [16])* ;
2. **Plantation d'arbres et préservation des forêts** *(voir mesure [17])* ;
3. **Restauration des dunes de sable** *(voir mesure [18])* ;
4. **Restauration des plaines inondables** *(voir mesure [19])*.

Les solutions fondées sur la nature (SfN) sont des interventions qui visent à protéger, à gérer et à restaurer les écosystèmes (semi-) naturels. En ce qui concerne les SfN pour la réduction des risques d'inondation, des concepts tels que :

- a. **les infrastructures vertes et bleues,**
- b. **l'adaptation fondée sur les écosystèmes, ou**
- c. **la réduction des risques de catastrophes fondée sur les écosystèmes,**

sont dignes de mention. Dans la plupart des cas, les SfN et la restauration de la nature sont mis en œuvre en amont (et en aval) d'une zone sujette à des risques d'inondation. Il est donc essentiel de prendre en compte le contexte local et régional pour que la restauration de la nature contribue à l'atténuation des risques d'inondation.

16 | Zones humides

Impact environnemental	3/3
Protection contre les risques	2/3
Durabilité	3/3
Accessibilité financière	2/3

Introduction

Les zones humides sont des zones qui présentent des conditions de surface humides ou saturées tout au long de l'année ou pendant une partie de celle-ci. Principalement liées à des systèmes d'eaux souterraines, à des systèmes de courants ou à des systèmes côtiers, les zones humides infiltrent, nettoient, stockent et libèrent lentement l'eau. Les types de zones humides vont des zones humides pluviales des hautes terres et des prairies humides jusqu'aux tourbières. Elles comprennent également les plaines d'inondation côtières et fluviales. La restauration des zones humides est donc étroitement liée à la restauration des plaines d'inondation (voir mesure [19]). En raison de leur capacité à stocker et à gérer l'eau, les zones humides relèvent également des mesures de gestion des eaux de surface (voir catégorie II).

Avantages et risques

Très importantes pour le cycle hydrologique, les zones humides ont un effet positif sur les sols, la végétation et la faune environnantes. Elles servent d'éponge naturelle, ce qui les rend susceptibles de réduire le volume des inondations fluviales et pluviales. Les écosystèmes humides peuvent atténuer les sécheresses en libérant lentement les flux d'eau pendant les périodes sèches. Les zones humides côtières constituent des zones tampons contre les phénomènes météorologiques extrêmes tels que les tempêtes ou les vagues. Des marais salés, des récifs coralliens, des mangroves ou des herbiers marins en bonne santé peuvent jouer un rôle essentiel à cet égard. Les zones humides, en particulier les tourbières, les mangroves et les herbiers marins, constituent des puits de carbone très efficaces qui absorbent et stockent les gaz à effet de serre.

À l'inverse, l'assèchement des zones humides entraîne une libération massive du CO₂ stocké. Un autre aspect critique réside dans le fait que, selon le contexte et le type, certaines zones humides peuvent avoir une capacité de stockage moindre et, par conséquent, exacerber les débordements ou les inondations, comme dans le cas des zones humides pluviales des hautes terres qui sont saturées toute l'année. Enfin, les modifications de l'utilisation des sols et le développement côtier, rural ou urbain peuvent nuire à l'hydrologie locale et la transformer.

Bonne pratique

Oasis naturelle située dans un environnement désertique chaud et sec, la zone humide et le bassin d'Azraq font l'objet, depuis 1980, d'une surconsommation d'eau et de forages disproportionnés. Cela est dû en particulier à l'expansion urbaine et aux pratiques agricoles, qui entraînent l'assèchement d'environ 25 km² de zones humides et l'augmentation des inondations dans la région. La zone humide est adjacente à la ville d'Azraq et au camp de réfugiés d'Al-Azraq, lequel accueille environ 38 000 réfugiés syriens.

Ces 30 dernières années, l'épuisement massif des ressources en eau a encouragé la restauration de la zone humide. En 2020, trois bassins d'eau qui existaient auparavant dans la réserve ont été réhabilités. Cependant, les bassins ont souffert d'une augmentation du taux de phosphore en raison de la prolifération de poissons et d'algues non indigènes. Cela a rendu l'eau inhabitable pour les killies, une espèce endémique de poisson d'Azraq. Les trois bassins ont donc été volontairement asséchés et leurs pentes ont été renforcées avec de la terre arable, tout en préservant les joncs et les roseaux. Ensuite, les petits bassins ont été à nouveau remplis d'eau. En outre, les killies ont été réintroduits dans les bassins, attirant le martin-pêcheur et d'autres oiseaux migrateurs.

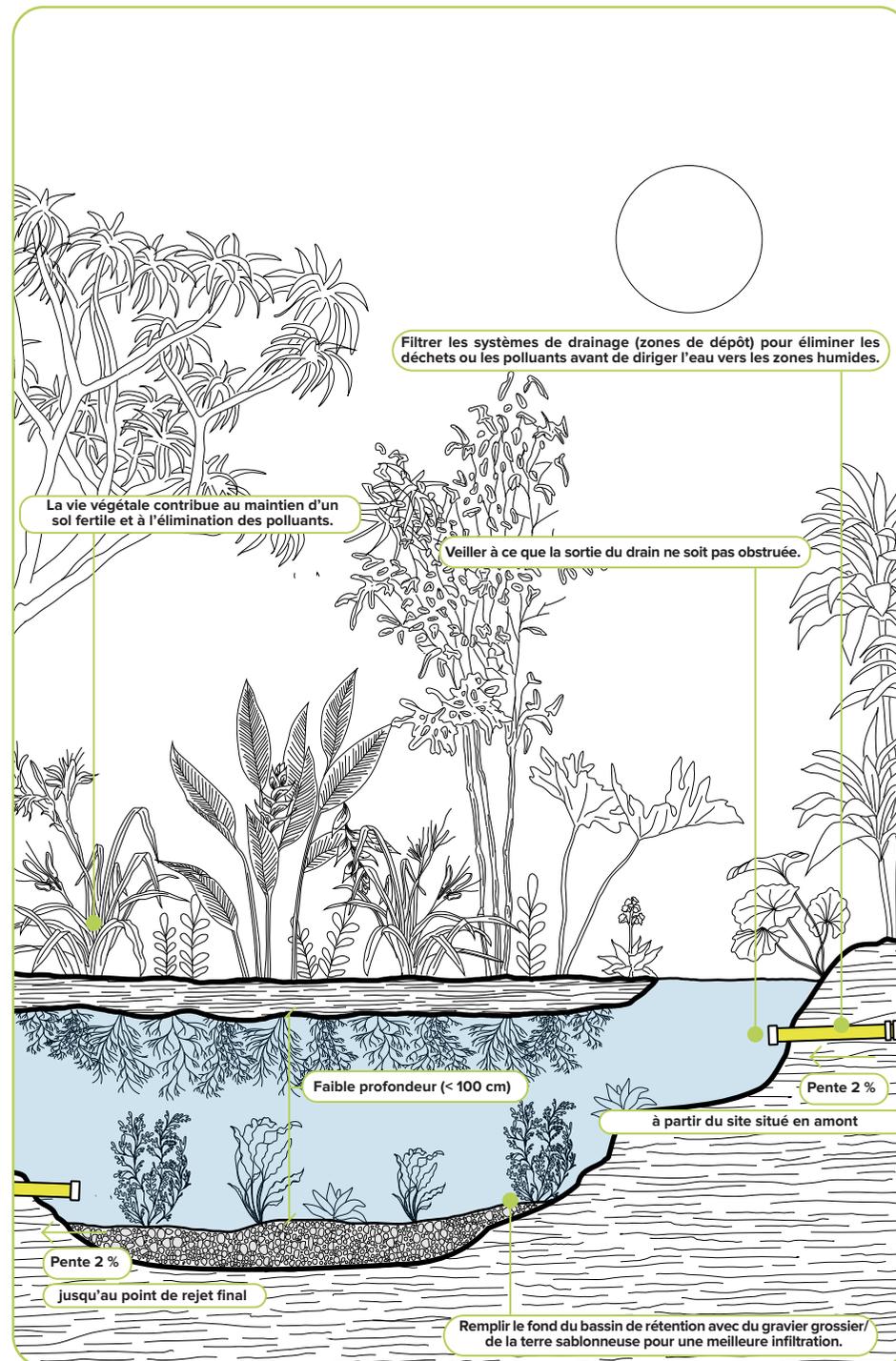




Fig 16. Oiseaux cachés dans le bassin trois mois après la première phase de restauration des zones humides d'Azraq, en 2020. Hazem Hreisha 2020.

Aperçu des critères

Type d'intervention :

Fondée sur la nature, hybride.

Échelle d'intervention :

Supra-site

Matériaux :

Bois, terre (sablonneuse), gravier grossier, végétation indigène.

Impact environnemental :

Les zones humides stockent de grandes quantités de carbone et ont donc une empreinte CO₂ négative. En contrepartie, la destruction des zones humides peut entraîner la libération de grandes quantités de carbone. Par exemple, 10 % des émissions mondiales de carbone résultent de l'assèchement ou de la combustion des tourbières (Ramsar 2019).

Danger naturel ciblé :

Inondation pluviale, inondation côtière / fluviale

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments, transports.

Type de stratégie :

Réduction de l'ampleur du danger

Délai de mise en œuvre :

moyen (1 mois - 1 an)

Durée de l'effet :

Long terme (> 10 ans)

Coûts d'investissement :

Moyens

Le coût des projets de restauration des zones humides varie en fonction de l'emplacement, du paysage et de la complexité. Exemple : un projet de restauration mené en Nouvelle-Écosse, au Canada, a engendré des coûts de restauration de 3 à 10 dollars canadiens par mètre carré de zone humide restaurée (Nova Scotia, n.d.).

Coûts d'entretien annuels :

Faibles (< 10 % des coûts d'investissement)

Nova Scotia: Wetland Compensation - What's Required and What Are My Options?

Disponible en ligne à l'adresse suivante :
https://novascotia.ca/nse/wetland/docs/Wetland_Compensation.pdf

Phadtare, Imelda (2020)

Disaster Risk Reduction and mitigation:
green growth in Jordan's
humanitarian sector.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://www.ecoldgroup.com/disaster-risk-reduction-and-mitigation-green-growth-in-jordans-humanitarian-sector/>

Ramsar (2019)

Wetlands: The key to coping with climate change.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/wwd19_handout_e.pdf

Calow, Roger ; Mason, Nathaniel ; Tjangco, Beatrice (2021)

Nature-based solutions for flood mitigation.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://bracc.kulim.com/sites/default/files/2022-03/NBS%20for%20Flooding%20discussion%20paper.pdf>

Mediterranean membership network of wetland managers (2021)

A success story: restoration of the Azraq Wetland, Jordan.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://medwetmanagers.net/a-success-story-restoration-of-the-azraq-wetland-jordan/>

17 | Plantation d'arbres et préservation des forêts

Impact environnemental	3/3
Protection contre les risques	2/3
Durabilité	3/3
Accessibilité financière	2/3

Introduction

Les arbres réduisent le volume des eaux de ruissellement de surface en trois étapes. Tout d'abord, les feuilles, les branches et les troncs captent et interceptent les gouttes de pluie. L'eau s'écoule ensuite dans le sol ou s'évapore dans l'air. Plus la surface boisée est importante par rapport à la taille du bassin versant, plus les taux d'interception, d'infiltration et de réduction du ruissellement de surface augmentent et, donc, plus la gestion des risques d'inondations est efficace. À cet égard, la mesure est également liée à la gestion des eaux de surface (voir catégorie II).

Le palétuvier (mangroves) est un type d'arbre qui atténue particulièrement les risques d'inondation. Les mangroves constituent des écosystèmes multifonctionnels que l'on trouve principalement le long des côtes tropicales et subtropicales abritées. S'agissant de l'atténuation des risques d'inondation, les mangroves réduisent la hauteur du vent, les vagues entrantes et le niveau des ondes de tempête. En outre, elles protègent le littoral et contrôlent son érosion.

Avantages et risques

Outre l'atténuation de l'écoulement des eaux pluviales, les arbres présentent plusieurs autres avantages. Ils réduisent les îlots de chaleur dans les environnements bâtis. Ils absorbent également les polluants de l'air, de la nappe phréatique et du sol et réduisent les bruits à haute fréquence et, de ce fait, contribuent à lutter contre les problèmes de santé humaine tels que les maladies respiratoires ou la souffrance mentale.

Le boisement étant une forme de restauration écologique, les forêts ou les arbres isolés favorisent également la biodiversité locale. Par exemple, la canopée des mangroves sert de lieu de nidification et de repos aux oiseaux, tout en favorisant les récifs coralliens et les herbiers marins. Elles ne peuvent être plantées que dans des conditions très spécifiques d'environnement naturel et de climat. Comme les mangroves poussent généralement dans de la vase relativement salée, les arbres dépendent d'une température adéquate de la surface de la mer et de l'air et peuvent être fragilisés par des inondations répétées et d'autres effets climatiques.

Exemple de conception

Les microforêts de Miyawaki pour l'atténuation des risques d'inondation

Les microforêts pour l'atténuation des risques d'inondation de l'organisation SUGi sont des parcelles d'arbres de 4 à 10 mètres de large qui forment une barrière entre une masse d'eau et l'infrastructure qui a besoin d'être protégée. Les forêts SUGi mises en place dans le monde entier s'inspirent de la technique japonaise de plantation forestière Miyawaki, qui est une approche particulière de la plantation de forêts très denses avec plusieurs couches de végétation à différentes hauteurs, combinant des arbustes, des (sous-)arbres et des arbres à canopée. Grâce à leur densité et à l'importance de leur système racinaire, les microforêts constituent un mur végétal qui permet de protéger une infrastructure des inondations (SUGi 2022).

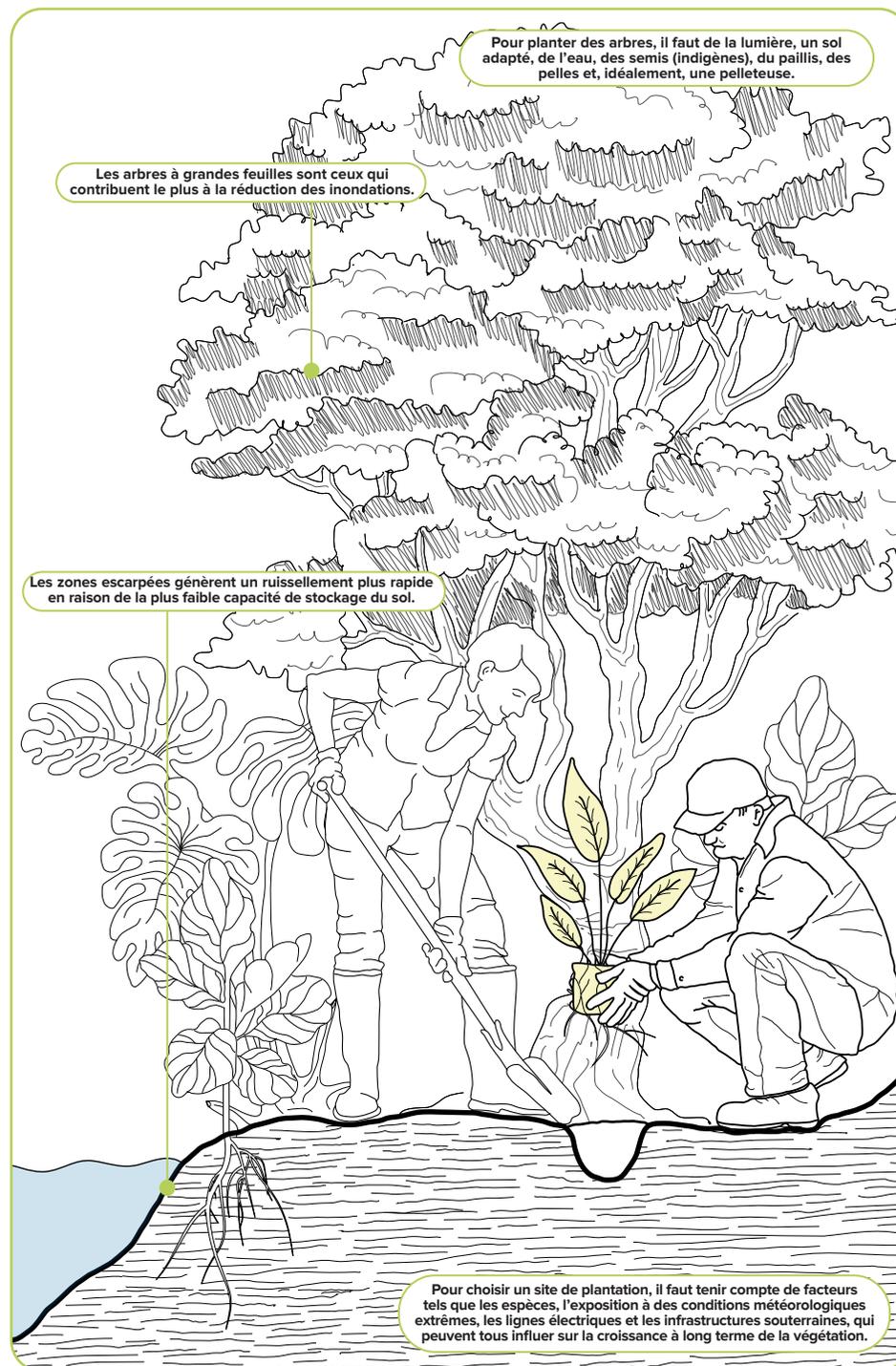




Fig. 17 et 18. Exemple d'une forêt Miyawaki construite par l'équipe SUGi à Buea, au Cameroun (avant la plantation des arbres et deux ans et demi après). SUGi 2022.

SUGi (2022)

Revive waterways and biodiversity in Cameroon.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
[https://www.sugiproject.com/projects/bulu/mise à jour 29/09/2023/07:54/](https://www.sugiproject.com/projects/bulu/mise%20a%20jour/29/09/2023/07:54/)

UNEP - Programme des Nations unies pour l'environnement (2020)

Celebrating International Mangrove Day:
spare a thought for our coastal ecosystems.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://www.unep.org/news-and-stories/story/celebrating-international-mangrove-day-spare-thought-our-coastal-ecosystems>

Watson, Julia (2020)

Lo-TEK. Design by Radical Indigenism.
Acadja Aquaculture of the Tofinu, Benin, p. 351-367.

Aperçu des critères

Type d'intervention :

Fondée sur la nature

Échelle d'intervention :

Supra-site

Matériaux :

Terre, eau, semis indigènes, paillis, pelles, pelleteuse.

Impact environnemental :

Les forêts, en particulier les mangroves, agissent comme des puits de carbone et contribuent au piégeage du carbone et au cycle des nutriments au-dessus et au-dessous de la surface du sol. Toutefois, cette fonction s'accompagne d'un risque de forte libération de carbone en cas de perte d'arbres ou de déforestation, en particulier dans les mangroves.

Danger naturel ciblé :

Inondation pluviale, inondation côtière/fluviale

Biens vulnérables ciblés :

Couvert terrestre

Type de stratégie :

Réduction de l'ampleur du danger

Délai de mise en œuvre :

Court (1 jour - 1 mois).

Durée de l'effet :

Long terme (> 10 ans)

Coûts d'investissement :

Faibles

Coûts d'entretien annuels :

faibles (< 10 % des coûts d'investissement)

Outre la formation du personnel local, l'entretien (et son coût) comprend l'irrigation, la taille, l'éclaircissement, l'enlèvement des débris et l'inspection des maladies.

18 | Gestion et restauration des dunes de sable

Impact environnemental	3/3
Protection contre les risques	2/3
Durabilité	3/3
Accessibilité financière	2/3

Introduction

Les dunes sont des barrières naturelles contre les inondations qui protègent l'intérieur des terres contre les inondations côtières et les ondes de tempête. Les crêtes sableuses se développent parallèlement à la ligne côtière. Les dunes changent de taille et de forme sous l'effet des marées, des vents, des tempêtes ou d'une forte mer. En cas d'inondation, la santé de la végétation peut être un facteur décisif de la capacité d'atténuation d'une dune.

La restauration des dunes comprend la récupération des zones érodées et la stabilisation des dunes à l'aide de végétation et de clôtures. En général, les interventions visant à restaurer des dunes ne doivent pas perturber les processus naturels de formation des dunes et les écosystèmes dunaires. Il est fortement recommandé de mener une évaluation minutieuse du site avant l'intervention.

Avantages et risques

Par rapport aux barrages artificiels, les systèmes de dunes ont besoin de plus d'espace entre le littoral et l'intérieur des terres pour atteindre une efficacité maximale. Une dune de sable située le long d'une plage étroite proche d'une zone développée a moins d'effet sur l'atténuation des inondations qu'une dune située le long d'une plage large et étendue. Dans l'ensemble, le développement côtier et l'urbanisation croissante constituent une grave menace pour la santé et l'efficacité des systèmes dunaires.

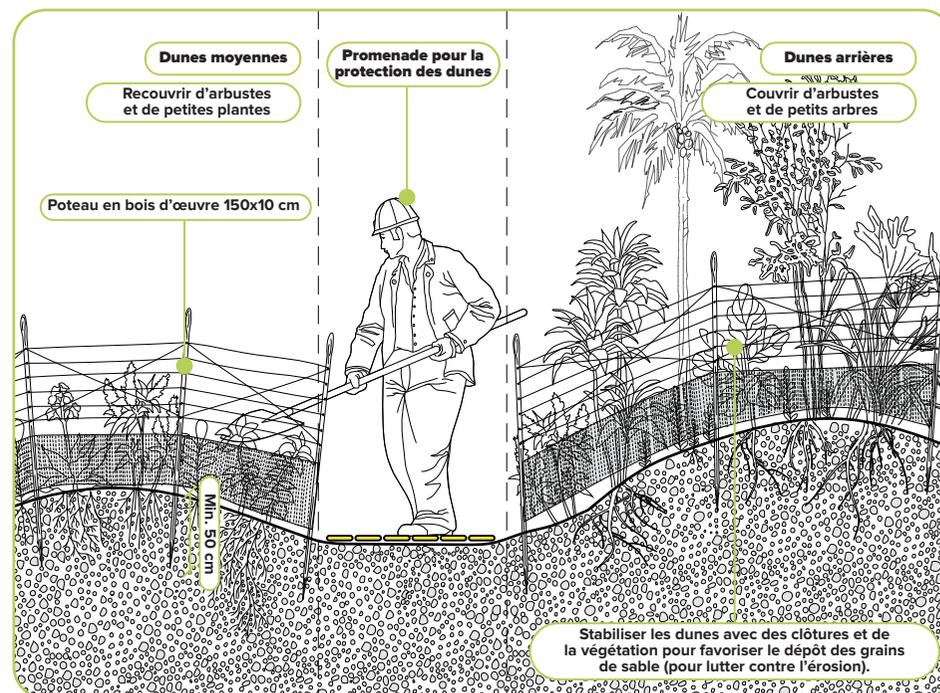
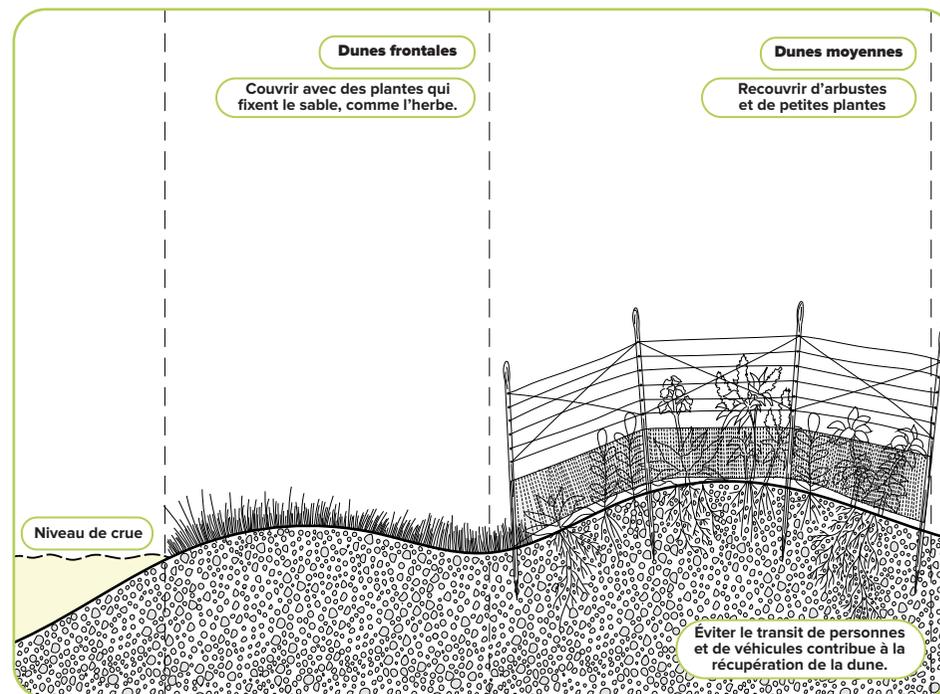
Bonne pratique

Restauration des dunes de sable à S. João Da Caparica, Portugal.

La ville portugaise d'Almada se trouve sur la côte atlantique. Elle est confrontée à l'élévation du niveau de la mer, à une érosion croissante, à la menace d'ondes de tempête et à des inondations extrêmes. En conséquence, le projet ReDuna a été lancé en 2014 pour donner la priorité à la restauration des dunes, à la protection du littoral, aux cibles en matière de biodiversité et à la sensibilisation de la communauté dans la zone urbaine d'Almada.

Après la destruction de l'écosystème dunaire due aux tempêtes hivernales, le projet a commencé par la restauration des dunes : des saules, des clôtures, des sentiers et environ 100 000 plantes indigènes ont été installés sur un kilomètre le long du rivage. L'installation a duré six mois, et un système de surveillance a ensuite été mis en place pour évaluer en permanence l'écosystème des dunes de sable. Le Centre d'écologie de la Faculté des sciences de l'Université de Lisbonne a dirigé la surveillance, qui comprenait, entre autres, l'analyse des changements géomorphologiques du site par GPS. Après quatre années de surveillance, les résultats ont montré que la biodiversité avait augmenté, que le transfert des sédiments était plus stable et que la végétation plantée avait formé un système racinaire dense et efficace (jusqu'à quatre mètres de profondeur) pour la stabilisation des dunes. La tempête Emma, en 2018, a démontré l'efficacité des dunes de sable.

En outre, la communauté locale a participé au processus de conception et aux campagnes d'entretien. L'entretien (y compris l'élimination des espèces exotiques) a lieu après chaque saison estivale et orageuse. Les Fonds structurels et d'investissement européens ont permis de financer les interventions structurelles au début du projet. La municipalité a ensuite pris en charge la surveillance et les ressources humaines (Connecting Nature 2020).



Aperçu des critères

Type d'intervention :

Fondée sur la nature

Échelle d'intervention :

Supra-site

Matériaux :

Végétation indigène (par exemple, graminées vivaces formant des dunes, telles que le chiendent des sables, le lyme de mer ou l'ammophile), clôtures, poteaux (en bois), bois pour la promenade.

Impact environnemental :

La restauration des dunes de sable contribue à la protection des écosystèmes et de la biodiversité. En outre, des dunes de sable saines contribuent à atténuer l'érosion côtière et les ondes de tempête.

Danger naturel ciblé :

Inondations côtières et fluviales.

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments, transports, couvert terrestre

Type de stratégie :

Réduction de l'ampleur du danger

Délai de mise en œuvre :

Moyen (1 mois - 1 an), long (< 1 an).

Durée de l'effet :

Moyen terme (1 an - 10 ans).

Coûts d'investissement :

Faibles, moyens

Coûts d'entretien annuels :

Faibles (< 10 % des coûts d'investissement), moyens (10-50 %).

Naturally Resilient Communities: USING NATURE TO ADDRESS FLOODING.

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

<http://nrcsolutions.org/>
UKCEH; UK Sand Dune and Shingle Network and Dynamic

Dunescapes partners (2021)

The Sand Dune Managers Handbook. 1st ed.: Produced for the Dynamic Dunescapes (DuneLIFE) project: LIFE17 NAT/UK/000570; HG-16-08643.

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

<https://dynamicdunescapes.co.uk/wp-content/uploads/2021/07/Dynamic-Dunescapes-Sand-Dune-Managers-Handbook-June-2021.pdf>

Climate ADAPT (2023)

Dune construction and strengthening.

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

<https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/dune-construction-and-strengthening/#implementation>

Connecting Nature (2020)

ReDuna - Restoration of S. João da Caparica Sand Dunes.

Disponible en ligne à l'adresse suivante :

<https://connectingnature.eu/oppla-case-study/22495> (mise à jour 29/09/2023:29:33).

19 | Restauration des plaines inondables

Impact environnemental	3/3
Protection contre les risques	2/3
Durabilité	3/3
Accessibilité financière	1/3

Introduction

Une plaine inondable est une zone basse et plane située le long d'une rivière et où abondent des sédiments riches en nutriments. Une rivière et une plaine d'inondation constituent un système intégré. La plaine inondable permet à la masse d'eau de transporter les eaux de crue. Par conséquent, les zones de rétention et d'expansion en amont (et en aval) permettent d'atténuer les risques d'inondation et de réduire l'engorgement des sols. Cependant, les plaines inondables subissent une dégradation constante en raison des barrières permanentes contre les inondations (voir catégorie I), du développement urbain et agricole et de la canalisation des cours d'eau. Ces changements affectent considérablement l'efficacité des plaines inondables en tant qu'habitats aquatiques et terrestres, qualificatifs de l'eau et fournisseurs naturels de protection contre les inondations. La réhabilitation ou la conservation de plaines inondables efficaces est donc une intervention essentielle pour l'atténuation des risques d'inondation dans les sites d'installations de déplacés/réfugiés. La restauration des plaines inondables est étroitement liée à la restauration des zones humides (voir mesure [16]).

Avantages et risques

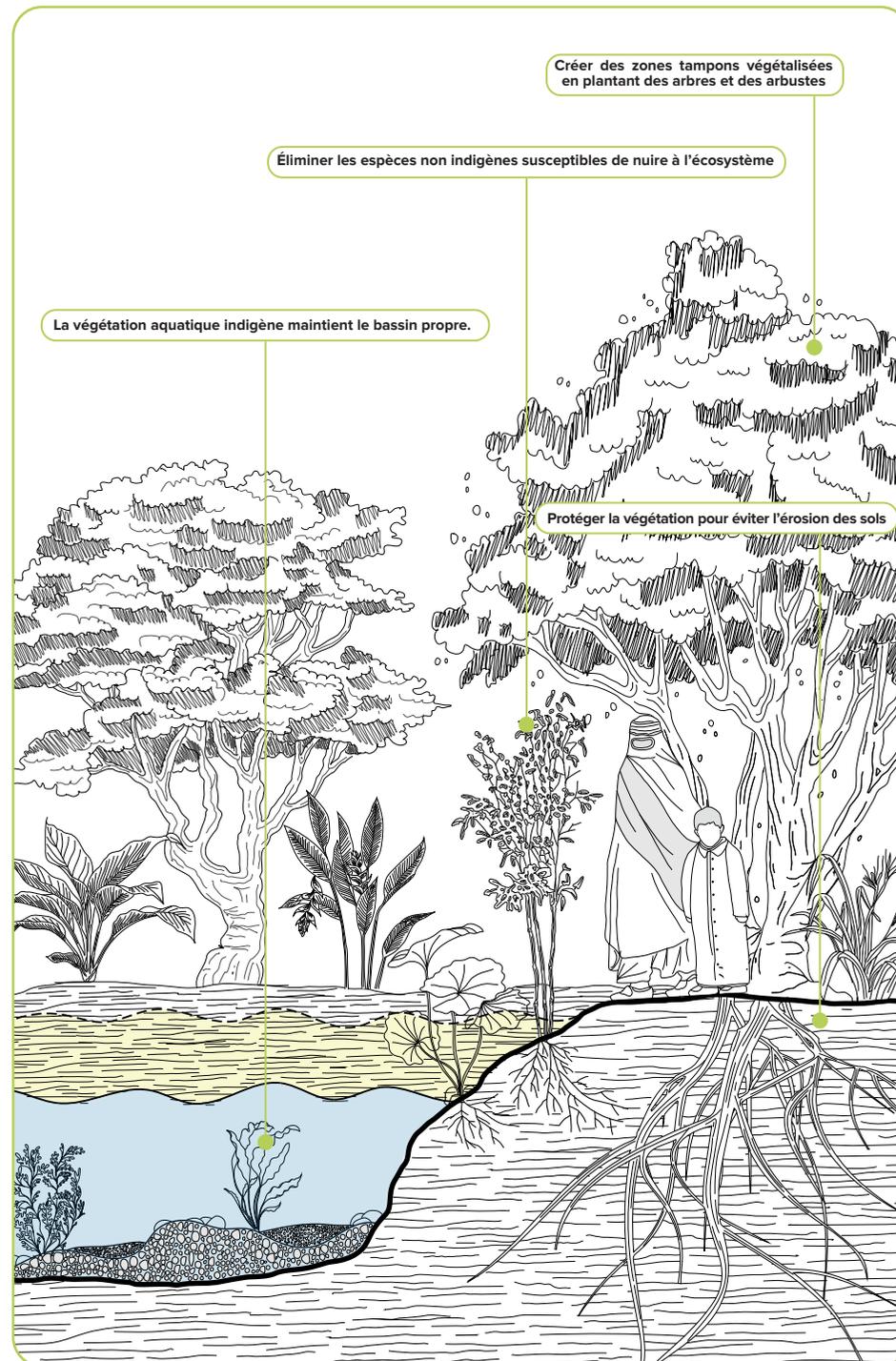
En cas de débordement d'une rivière, la plaine inondable ralentit la montée des eaux. Elle constitue une forme de réservoir temporaire avant que l'eau ne retourne dans la rivière une fois que la crue a diminué. En réduisant la vitesse de la crue, la plaine inondable réduit également l'érosion en aval, filtre l'eau et améliore la qualité générale de la masse d'eau. Étant donné que les eaux de crue transportent des sédiments et des terres riches en nutriments, les plaines inondables ont tendance à être fertiles et à fournir des habitats riches pour la faune et la flore. Néanmoins, l'effet d'atténuation des inondations et les avantages connexes d'une plaine inondable dépendent de sa forme, de sa taille et de sa composition. À cet égard, l'édification de levées, de barrages ou d'autres structures peut s'avérer contre-productive si elle sépare les cours d'eau de leurs plaines inondables. Une telle déconnexion pourrait entraîner une perte d'habitat et une réduction moindre des risques d'inondation.

En général, afin d'éviter une augmentation des risques d'inondation, les sites d'installation de déplacés/réfugiés ne doivent pas être planifiés et construits sur une plaine inondable ou à côté de celle-ci. La mise en place de zones tampons (voir mesure [20]) dans les sites de réfugiés peut contribuer à l'atténuation des risques d'inondation et à la conservation des plaines inondables.

Bonne pratique

Troisième correction du Rhône, Suisse

Les levées (voir mesure [01]) constituent l'une des méthodes de contrôle des inondations les plus rapides, en particulier lorsque l'espace est limité. Cependant, en raison de leurs inconvénients (par exemple, aggravation des risques en cas d'effondrement), la seule retenue de l'eau doit être évitée. En Europe, où la restriction des cours d'eau a commencé il y a plusieurs siècles, des événements récents montrent que l'utilisation des digues doit être reconsidérée. Par exemple, dans le cas du Rhône en Suisse, le troisième concept de protection contre les inondations est en cours. Le projet assure un équilibre entre les objectifs relatifs à la protection contre les inondations, à la biodiversité et aux contraintes socioéconomiques. Là où des levées ne peuvent être évitées, le concept prévoit suffisamment d'espace pour permettre l'expansion de la rivière pendant les périodes de crue. Cet élargissement de la rivière présente des similitudes avec la stratégie de restauration des rivières. Aujourd'hui, on trouve un grand nombre d'exemples d'élargissements de rivières dans toute l'Europe, en particulier aux Pays-Bas.



ÉLARGISSEMENT : UN ESPACE NÉCESSAIRE POUR LA SÉCURITÉ MAIS AUSSI UTILE POUR DES RAISONS ENVIRONNEMENTALES ET ÉCONOMIQUES

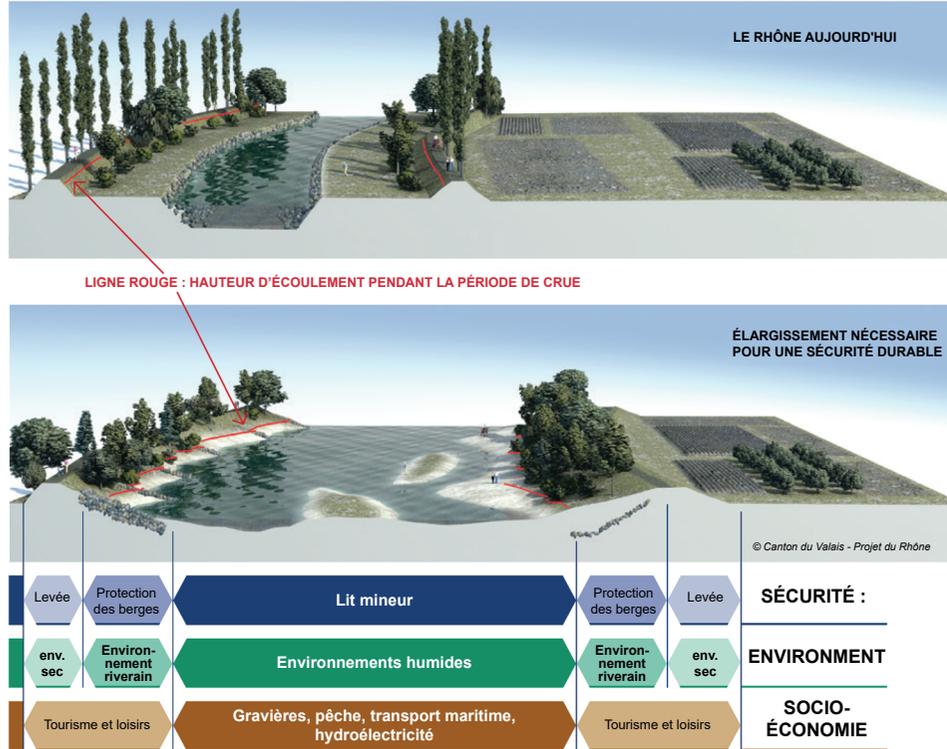


Fig 19. Troisième correction du Rhône. Canton du Valais, 2015.

Aperçu des critères

Type d'intervention :

Fondée sur la nature

Échelle d'intervention :

Supra-site

Matériaux :

Bois, végétation indigène.

Impact environnemental :

Les plaines inondables améliorent la qualité générale de l'eau et peuvent contribuer à la réduction de la pollution chimique et des nutriments. En raison de leur fertilité, elles constituent de riches habitats pour la faune et la flore. La restauration et la réhabilitation des plaines inondables peuvent donc accroître la biodiversité d'une zone (Scnat Netzwerk 2020). Cependant, les processus de restauration des plaines inondables (par exemple, l'élimination des espèces envahissantes) peuvent perturber les habitats existants sur une courte période ou modifier la dynamique de l'écoulement de l'eau. Dans le même temps, la restauration peut être une voie d'introduction de nouvelles espèces envahissantes. Dans le cas d'une plaine inondable déjà polluée ou nouvellement contaminée, il est possible de redistribuer les substances. Ces perturbations doivent être prises en compte et réduites au minimum.

Danger naturel ciblé :

Inondations côtières/fluviales

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments, transports, infrastructures techniques.

Type de stratégie :

Réduction de l'ampleur du danger

Délai de mise en œuvre :

Moyen (1 mois - 1 an), long (< 1 an).

En général, la restauration des écosystèmes implique des processus longs et complexes, ce qui peut être également le cas des plaines inondables, en fonction de l'étendue de la zone à restaurer et des conditions locales. La sensibilisation et le soutien du public sont importants dans le cadre de ces processus, car l'effet à long terme de la plaine inondable restaurée sera bénéfique (Climate Adapt 2022).

Durée de l'effet :

Long terme (> 10 ans)

Coûts d'investissement :

Moyens, élevés.

Coûts d'entretien annuels :

Faibles (< 10 % des coûts d'investissement)

NWRM, Natural Water Retention Measures (2015)
Floodplain restoration and management.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<http://nwrn.eu/measure/floodplain-restoration-and-management> (mise à jour 29/09/2023:30:19).

Scnat Netzwerk (2023:31:33)
Floodplains: a natural system to preserve and restore
(EEA Report, 24/2019).
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
https://scnat.ch/de/uuid/!96de4fa4-ee4a-5f7e-9f07-ca302becfabf-Floodplains_a_natural_system_to_preserve_and_restore

Climat ADAPT (2022)

Rehabilitation and restoration of rivers and floodplains.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/rehabilitation-and-restoration-of-rivers> (mise à jour 29/09/2023:34:14).

V. Mesures non bâties et renforcement des capacités

Introduction et résumé : Mesures non bâties et renforcement des capacités

Les quatre catégories de mesures précédentes visent à limiter l'ampleur du danger et la vulnérabilité des bâtiments et autres biens grâce à des mesures bâties et fondées sur la nature. Cependant, en fonction de la situation et de l'ampleur de l'événement, ces solutions peuvent ne pas suffire. En cas d'événements particulièrement violents ou lorsque d'autres mesures ne peuvent être mises en œuvre, l'objectif principal des plans d'urgence est de limiter le nombre de victimes, notamment par les moyens suivants :

- 1. La réinstallation de parcelles ou de l'ensemble du site et la création de zones tampons** (voir mesure [20]) ;
- 2. La planification de voies d'évacuation et de refuges communautaires** (voir mesure [21]) ;
- 3. L'élaboration de cartes des dangers, d'évaluations des risques et de stratégies d'atténuation** (voir mesure [22]).

Le plus souvent, la communauté du site d'installation de déplacés/réfugiés participera à l'élaboration des mesures d'atténuation et sera chargée de l'entretien. Par conséquent, les solutions et les techniques doivent s'aligner sur le contexte local, ce qui permet d'accroître la participation (voir mesure [22]). En outre, le renforcement des capacités et la sensibilisation aux risques de la population est un facteur crucial pour renforcer la résilience des communautés et favoriser l'organisation d'interventions immédiates face aux risques (voir mesure [21]).

20 Réinstallation et zones tampons

Impact environnemental	1/3
Protection des risques	3/3
Durabilité	3/3
Accessibilité financière	1/3

Introduction

Réinstallation

L'un des quatre principaux types de stratégies d'atténuation des risques d'inondation (voir 1.2) est la réinstallation partielle ou totale du site d'installation de réfugiés. Si le risque d'inondation ou les dommages (attendus) deviennent ingérables, le site ou des parties de celui-ci peuvent être déplacés vers un autre endroit. Cette stratégie implique un long processus visant à sécuriser l'occupation de terres adéquates, à équiper ces terres et à organiser déplacement de la population. Lors de la planification de nouvelles zones ou de nouveaux sites de réfugiés, il convient de se référer aux principes et aux conseils décrits dans le Master Plan Approach du HCR. Dans le cadre de la planification de la réinstallation, une intervention possible pour limiter les risques d'inondation sur le nouveau site consiste à ajouter des zones tampons le long des zones exposées à des risques d'inondation.

Zones tampons

Les zones tampons sont des zones de protection mises en place entre les lieux particulièrement exposés aux inondations et le site de réfugiés. Elles doivent être basées sur des évaluations complètes des risques d'inondation, sur la topographie locale et sur les conditions climatiques. En général, les zones désignées interdisent toute forme de construction (résidentielle). Les zones tampons favorisent l'absorption ou le détournement des eaux de crue. Il peut s'agir d'une plaine inondable, d'une zone humide, d'une agriculture résiliente aux inondations ou d'une plantation d'arbres (voir les mesures [16 à 19]), de rigoles de drainage biologiques et de bassins d'infiltration ou de chaussées perméables (voir les mesures [08 à 10]), ainsi que de barrières artificielles telles que les digues et les levées (voir la mesure [01]).

Il est essentiel de programmer des activités dans la zone et d'informer la population sur les risques afin d'éviter que les zones tampons planifiées ne soient utilisées pour la construction. Les campagnes de sensibilisation (voir mesures [21] et [22]) doivent être répétées régulièrement pour que les nouveaux arrivants soient également informés.

Avantages et risques

La réinstallation d'un site tout entier augmente la sécurité et le bien-être des personnes qui y vivent et permet de réduire ou d'éviter des dommages importants aux infrastructures techniques et bâties. Le choix d'un nouvel emplacement permet de donner la priorité à la sécurité à long terme sur la base d'une évaluation complète et préalable du site et des risques. En outre, le nouveau site peut permettre d'améliorer les structures d'assainissement et d'hébergement.

Cependant, la réinstallation implique un nouveau déplacement de communautés déjà déplacées. Le changement de lieu peut nuire aux réseaux sociaux établis, entraîner la perte des moyens de subsistance et avoir des conséquences psychologiques et émotionnelles négatives. Les habitants du site de réfugiés concerné doivent être pleinement informés du processus de réinstallation et y participer.

En outre, l'identification d'une nouvelle zone pour le site peut prendre beaucoup de temps et impliquer un processus et une logistique complexes, y compris des négociations avec les autorités locales. La réinstallation peut également entraîner la perturbation (à court terme) des services essentiels (par exemple, les soins de santé, l'éducation). Enfin, l'impact environnemental d'une réinstallation ou de l'installation d'un nouveau site peut être important.





Fig. 20 et 21. Zones tampons à Cox's Bazar. Nadia Carlevaro, UNHCR (n.d.).

Bonne pratique

Réinstallation de la population du camp de réfugiés de Leitchuor (Éthiopie) situé dans une zone inondable.

Le camp de réfugiés de Leitchuor, dans la région éthiopienne de Gambella, a ouvert ses portes fin 2013 pour accueillir des Sud-Soudanais fuyant les violences qui sévissent dans leur pays. Situé dans une zone inondable, le camp a été gravement inondé lors de la saison des pluies suivante, en 2014. La seule solution convenable était une réinstallation permanente de la population. Un endroit plus sûr a été identifié à plusieurs kilomètres de là et les réfugiés ont été relogés dans le nouveau camp de Jewi.

Zones tampons dans le camp de réfugiés de Cox's Bazar, au Bangladesh.

Cox's Bazar accueille plus de 800 000 réfugiés rohingyas sur le site très dense de Kutupalong, qui comprend 26 camps. Les camps sont situés sur des terrains vallonnés qui sont fortement exposés aux risques d'inondation et de glissement de terrain. Pour atténuer l'effet des inondations, les basses terres les plus exposées ont été redéfinies comme zones tampons et utilisées à des fins agricoles. Dans certains camps planifiés (par exemple, le camp 4 Ext.), les terrains escarpés ont été consolidés à l'aide de solutions fondées sur la nature pour ralentir l'écoulement des eaux et délimiter des zones tampons par rapport aux zones d'habitation (UNHCR, n.d.).

Aperçu des critères

Type d'intervention :

Non structurelle

Échelle d'intervention :

Logement-parcelle-îlot, site.

Matériaux :

S/O

Impact environnemental :

Selon le contexte local, la réinstallation d'un site de réfugiés en raison d'une inondation peut inclure des défrichements, des excavations, des nivellements ou une déforestation. Ce processus peut entraîner la perte ou la perturbation de la biodiversité locale, des habitats de la faune et de la flore sauvages et des écosystèmes, tandis que des espèces envahissantes peuvent apparaître. L'installation d'un nouveau site nécessite également davantage de ressources en eau et en énergie et peut entraîner une augmentation des quantités de déchets et la contamination de la nature environnante. Les processus de réinstallation doivent toujours se fonder sur des évaluations complètes de l'impact environnemental avant de choisir la nouvelle zone et d'y établir le site.

Danger naturel ciblé :

Inondation pluviale, inondation côtière/fluviale

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments, transports, infrastructures techniques.

Type de stratégie :

Réinstallation, réduction de la vulnérabilité des biens.

Délai de mise en œuvre :

Moyen (1 mois - 1 an), long (< 1 an).

Durée de l'effet :

Court terme (< 1 an), moyen terme (1 an - 10 ans), long terme (> 10 ans).

Coûts d'investissement :

Élevés

Coûts d'entretien annuels :

S/O

21 | Préparation et renforcement des capacités

Impact environnemental	3/3
Protection contre les risques	2/3
Durabilité	2/3
Accessibilité financière	3/3

Introduction

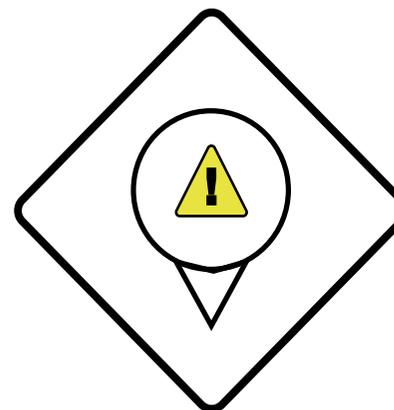
La phase de préparation combine des mesures de prévention, de préparation et de précaution individuelle pour face aux dangers. Le renforcement des capacités et la sensibilisation aux risques de la communauté d'un site de déplacés/réfugiés renforcent la préparation et améliore les interventions face aux événements dangereux. Les mesures de préparation comprennent des systèmes d'alerte rapide, la planification de voies d'évacuation et de refuges, la préparation individuelle de sacs d'urgence et le stockage adéquat de fournitures et d'outils d'urgence tels que des pompes ou du matériel de vidange des fosses de latrines. Les stocks doivent être contrôlés régulièrement pour s'assurer que le matériel est suffisant et fonctionnel.

Les campagnes de sensibilisation doivent véhiculer des messages clés simples et être répétées régulièrement pour veiller à ce que tous les membres de la communauté aient bien compris les enjeux. Les formations communautaires sur la réaction en cas d'alerte rapide et sur l'utilisation des voies d'évacuation et des refuges sûrs sont primordiales pour garantir l'efficacité des mesures de préparation. Le renforcement inclusif et à long terme des capacités peut découler de mesures éducatives fondées sur la combinaison des systèmes de connaissances locales, autochtones et scientifiques. À cette fin, une cellule de gestion des catastrophes ou un centre d'opérations d'urgence peut être mis en place au sein du site de réfugiés en vue de former certaines personnes au contrôle des stocks, aux systèmes d'alerte et à d'autres mécanismes de préparation. Les communautés locales et les organisations humanitaires peuvent également se préparer aux catastrophes à l'aide de plans d'occupation des sols, de cartes des dangers et d'évaluations des risques (basés sur le SIG) (voir la mesure [22] et l'outil SIG).

Enseignements tirés

Action précoce contre les inondations dans le camp de Bentiu, au Soudan du Sud.

On s'attendait à ce que le camp de déplacés internes de Bentiu, au Soudan du Sud, subisse d'importantes inondations pendant la saison des pluies 2022. En conséquence, le Bureau des Nations Unies pour la coordination des affaires humanitaires (OCHA) et les partenaires locaux ont lancé un projet pilote pour l'atténuation précoce des risques d'inondation. L'initiative prévoyait la création d'une équipe spéciale et d'un système public de suivi des projets afin d'orienter les préparatifs et la prise de décision. Le processus d'action précoce a été perçu comme une mesure nécessaire et efficace par les informateurs des Nations Unies. Cependant, dans le cadre d'une action anticipée, le personnel de terrain devrait être doté d'un plus grand pouvoir de décision afin de pouvoir accélérer les processus d'atténuation des risques. En outre, il convient de réviser en permanence les mesures d'atténuation mises en œuvre (Evan Easton-Calabria, 2023).



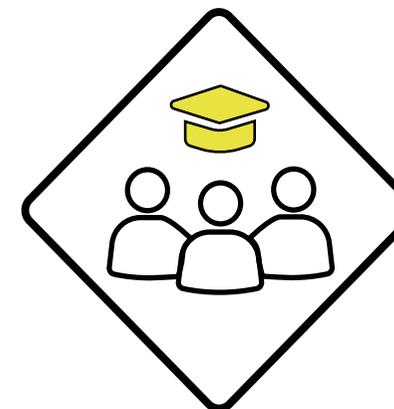
Cartes des risques et plan d'urgence



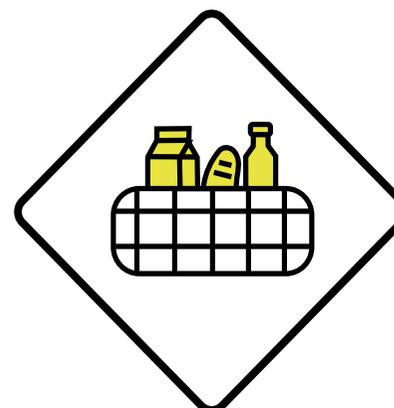
Système de détection du niveau d'eau et alarme



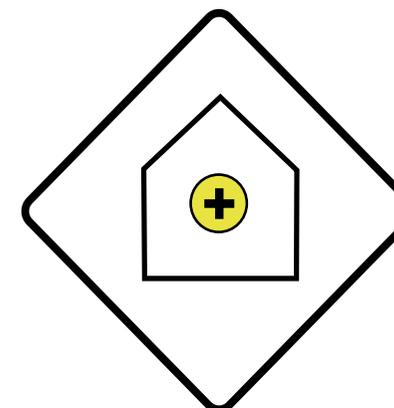
Voies d'évacuation et refuges sûrs



Formation et sensibilisation de la communauté



Stockage des fournitures d'urgence



Installation d'un poste d'intervention d'urgence

Aperçu des critères

Type d'intervention :

Non structurelle

Échelle d'intervention :

Logement-parcelle-îlot, site.

Matériaux :

S/O

Impact environnemental :

S/O

Danger naturel ciblé :

Inondation pluviale, inondation côtière/fluviale

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments, transports, infrastructures techniques.

Type de stratégie :

Réduction du nombre de victimes

Délai de mise en œuvre :

Court (1 jour - 1 mois), moyen (1 mois - 1 an), long (> 1 an)

Durée de l'effet :

Court terme (< 1 an), moyen terme (1 an - 10 ans), Long terme (> 10 ans).

Coûts d'investissement :

S/O

Coûts d'entretien annuels :

S/O

Calabria, Evan Easton ; Jaime, Catalina ; Shenouda, Benjamin (2022) :
*Anticipatory action in refugee and IDP camps: challenges, opportunities
and considerations*. CICR.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://www.anticipation-hub.org/download/file-2568>

Calabria, Evan Easton (2023)
Acting in Advance of Flooding: Early action in South Sudan.
Feinstein International Center.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://fic.tufts.edu/wp-content/uploads/05.10.23-ActingInAdvanceFinal.pdf>

IPCC/GIEC : Climate Change (2022)
Impacts, Adaptation and Vulnerability.
Summary for Policymakers. Dans : *Climate Change 2022:
Impacts, Adaptation and Vulnerability*.
Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment
Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

22 | Participation

Impact environnemental	3/3
Protection des risques	3/3
Durabilité	3/3
Accessibilité financière	3/3

Introduction

Dans le contexte de la gestion des risques d'inondation, la participation favorise l'interaction entre les parties prenantes chargées de mettre en œuvre les mesures d'atténuation et celles concernées par ces mesures. L'engagement permet aux parties prenantes (publiques, privées et locales) de se réunir pour dialoguer sur les interventions avant et après leur mise en œuvre.

La cartographie des risques est l'une des premières étapes en vue de déterminer les stratégies les mieux adaptées pour intervenir face à une inondation. Les cartes des dangers peuvent être préparées à l'aide de données mondiales et locales afin de dessiner un modèle de l'étendue probable des inondations potentielles. Ensuite, des évaluations des risques mettent en évidence les biens à protéger et aident à établir des priorités concernant les mesures d'atténuation. Le processus peut impliquer une cartographie participative. Après avoir recensé les principales parties prenantes, le concepteur du projet doit écouter activement et documenter les différents points de vue. Ensuite, les idées et les souhaits des parties prenantes doivent être intégrés à l'objectif global et au programme commun de réduction des risques d'inondation (et à son suivi) du site de réfugiés concerné.

Le projet sur les stratégies d'atténuation des risques d'inondation dont fait partie le présent recueil comprend également des directives pour la cartographie participative, y compris des modèles d'entretiens semi-guidés et une proposition pour l'organisation d'ateliers de cartographie.

Avantages et risques

La participation permet la reconnaissance de différents systèmes de connaissances (*scientifiques, locaux, autochtones*) dans un contexte sociopolitique et culturel plus large (*Hofer et Kaufmann 2022 ; IPCC/GIEC 2022b*). Les connaissances locales peuvent aider à faire face aux risques associés aux dangers naturels dans les sites d'installation de déplacés/réfugiés de deux façons. Tout d'abord, elles peuvent contribuer à l'observation et à la prévision de changements dans l'environnement naturel. Deuxièmement, les lois qui protègent l'environnement naturel, telles que les lois relatives aux zones non-constructibles sur les rives des cours d'eau ou à l'interdiction de l'exploitation forestière, peuvent renforcer l'approche globale de respect pour les écosystèmes naturels tout en atténuant les dangers naturels (*Hirasaki 2017*).

Bonne pratique

Sensibilisation de la communauté au Myanmar.

La communauté du delta de l'Irrawadi, au Myanmar, a été sensibilisée aux conséquences des cyclones. Dans le cadre de la construction d'abris contre les tempêtes pour les communautés villageoises du delta, la Direction suisse du développement et de la coopération (DDC) a intégré une approche participative forte et une composante de réduction des risques de catastrophe (RRC) dans le processus. L'objectif était de renforcer la résilience de la population et ses capacités d'autosuffisance et d'autoprotection. Pour garantir une approche globale et participative, la DDC a préparé des ateliers participatifs de cartographie communautaire des dangers, des exercices de simulation, des jeux de rôle, des séances de sensibilisation à la plantation d'arbres (notamment les mangroves), et une formation sur l'entretien des logements et des systèmes d'eau, d'hygiène et d'assainissement.



Aperçu des critères

Type d'intervention :

Non structurelle

Échelle d'intervention :

Logement-parcelle-îlot, site.

Matériaux :

S/O

Impact environnemental :

S/O

Danger naturel ciblé :

Inondation pluviale, inondation côtière/fluviale

Biens vulnérables ciblés :

Bâtiments, transports.

Type de stratégie :

Réduction du nombre de victimes

Délai de mise en œuvre :

Court (1 jour - 1 mois), moyen (1 mois - 1 an)

Durée de l'effet :

Moyen terme (1 an - 10 ans).

Coûts d'investissement :

Faibles.

Coûts d'entretien annuels :

S/O

Hiwasaki, Lisa: Local Knowledge for Disaster Risk Reduction Including Climate Change Adaptation.
With assistance of Ian Kelman, Jessica Mercer, J. C. Gaillard.
Dans : *The Routledge Handbook of Disaster Risk Reduction Including Climate Change Adaptation*, p. 227-237.

Hofer, Katrin ; Kaufmann, David (2022)
Actors, arenas and aims: A conceptual framework for public participation. Dans : *Planning Theory*, 147309522211395.
DOI: 10.1177/14730952221139587.

IPCC/GIEC : Climate Change 2022
Impacts, Adaptation and Vulnerability.
Summary for Policymakers. Dans : *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*

Pötz, Hiltrud (2016)
5 steps to stakeholder engagement and co-creation.
Disponible en ligne à l'adresse suivante :
<https://www.urbangreenbluegrids.com/sponge/guide/> (consulté le 02/11/2022). Pötz 2016 (Hill Town)



Liste des figures

- Fig. 01.** Arbre de décision pour l'atténuation des risques d'inondation dans les sites de réfugiés du HCR. Emilie Schmid and Nadia Carlevaro, UNHCR 2023.
- Fig 02.** Vue d'ensemble des dangers naturels et des types d'inondations. Élaboré par les auteurs en 2022 d'après UNISDR 2017 et APFM 2017.
- Fig 03.** Le cycle itératif de gestion intégrée des risques. Office fédéral de la protection de la population (FOCP) 2019.
- Fig 04.** Exemple de digue en terre dans le camp de réfugiés d'Al-Redis. Philippe Reymond, UNHCR 2023.
- Fig 05.** Un enrochement bien conçu peut favoriser la croissance de la végétation arbustive (les grands arbres peuvent provoquer l'effondrement de l'enrochement et doivent être enlevés). Eric Bardou, UNHCR 2022.
- Fig 06.** Exemple d'enrochement dans un petit ruisseau en Suisse. Eric Bardou, UNHCR 2022.
- Fig 07.** École de Torwal dans la vallée de Swat, au Pakistan. Travaux de réhabilitation avec des murs en gabion. Christian Neuhaus, DDC 2022.
- Fig. 08.** Exemple de TetraPOT. Beaumé et Pabón 2023, d'après Tucker 2016.
- Fig. 09.** Construction d'une chaîne de gestion des eaux SuDS (système urbain de drainage durable) dans le camp de réfugiés de Gawilan, dans la région du Kurdistan iraquien. Charlesworth *et al.* 2019, p. 3505.
- Fig. 10** Jardin communautaire dans le camp de réfugiés de Bredjing, dans l'est du Tchad. Nadia Carlevaro, UNHCR 2022.
- Fig. 11** Maison traditionnelle du Bangladesh dotée d'une double couche sacrificielle. J. Horta, CRAterre, 2018.
- Fig. 12** Consolidation d'une structure avec des matériaux réutilisés dans un site de réfugiés. E. Cauderay, CRAterre, 2019.
- Fig. 13** Consolidation d'une structure avec des matériaux réutilisés dans un site de réfugiés. E. Cauderay, CRAterre, 2019.
- Fig. 14** La consolidation des structures dans les sites de réfugiés nécessite parfois un renforcement important. E. Cauderay, CRAterre, 2019.
- Fig. 15** Modèle de conteneur d'expédition à toit vert. Beaumé et Pabón 2023, d'après Full Circle Design and Illustration (n.d.).
- Fig. 16** Oiseaux cachés dans le bassin trois mois après la première phase de restauration des zones humides d'Azraq, en 2020. Hazem Hreisha 2020.
- Fig. 17** Exemple d'une forêt Miyawaki construite par l'équipe SUGi à Buea, au Cameroun (avant la plantation des arbres et deux ans et demi après). SUGi 2022.
- Fig. 18** Exemple d'une forêt Miyawaki construite par l'équipe SUGi à Buea, au Cameroun (avant la plantation des arbres et deux ans et demi après). SUGi 2022.
- Fig. 19.** Troisième correction du Rhône. Canton du Valais, 2015.
- Fig. 20.** Zones tampons à Cox's Bazar. Nadia Carlevaro, UNHCR (n.d.).
- Fig. 21.** Zones tampons à Cox's Bazar. Nadia Carlevaro, UNHCR (n.d.).

Bibliographie

ACE Geosynthetics (2020) : ACETube - Hydraulic structures. Geotextile Bags, Tubes and Containers. Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://www.geoace.com/products/Geotextile-Bags%2C-Tubes-and-Containers/ACETube%C2%AE-_hydraulic-structures

ACE Geosynthetics (2020) : ACETube Geotextile Tube Installation for Coastal Protection (Video). Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.youtube.com/watch?v=s8yAtw4l-Ws>

ACE Geosynthetics (2020) : Riverbank and Channel Protection. Levees and Dikes. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.geoace.com/app/Riverbank-and-Channel-Protection/Levees-and-Dikes>

ACE Geosynthetics (2020) : Shoreline Protection, Ada Foah, Ghana. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.geoace.com/case/Marine-and-Coastal-Structures-Construction/Shoreline-Protection%2C-Ada-Foah%2C-Ghana>

Anthes, Emily : Amphibious Architecture. Float when it floods. Dans : Anthropocene. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.anthropocenemagazine.org/2018/09/amphibious-architecture>.

Bamboo House India (2017) : Constructing a Bamboo House (Ground) – Process.

Calabria, Evan Easton (2023) : Acting in Advance of Flooding: Early action in South Sudan. Feinstein International Center. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://fic.tufts.edu/wp-content/uploads/05.10.23-ActingInAdvanceFinal.pdf>

Calabria, Evan Easton ; Jaime, Catalina ; Shenouda, Benjamin (2022) : Anticipatory action in refugee and IDP camps: challenges, opportunities and considerations. CICR. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.anticipation-hub.org/download/file-2568>

Calow, Roger ; Mason, Nathaniel ; Tanjangco, Beatrice (2021) : Nature-based solutions for flood mitigation. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://bracc.kulima.com/sites/default/files/2022-03/NBS%20for%20Flooding%20discussion%20paper.pdf>

Charlesworth, Susanne M. ; Mctough, Mitchell ; Adam-Bradford, Andrew (2021) : The Design, Construction and Maintenance of a SuDS management Train to Address Surface water Flows by Engaging the Community: Gawilan Refugee Camp, Ninewah Governate, Kurdistan Region of Iraq. Dans : Journal of Refugee Studies 34 (3), p. 3494-3510. DOI: 10.1093/jrs/fez082.

Climat ADAPT (2022) : Rehabilitation and restoration of rivers and floodplains. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/rehabilitation-and-restoration-of-rivers> (mise à jour 29/09/2023:34:14).

Climate ADAPT (2023) : Dune construction and strengthening. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/dune-construction-and-strengthening/#implementation>

Climate ADAPT (2023) : Floating and amphibious housing. Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/floating-and-amphibious-housing/#success_factors

Climate ADAPT (2023) : Seawalls and jetties. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/seawalls-and-jetties> (mise à jour 29/09/2023:17:14).

Commission européenne (2017) : Humanitarian Shelter and Settlements Guidelines, ECHO, Politique thématique, Document no 9. Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://ec.europa.eu/echo/files/policies/sectoral/shelter_and_settlement_guidelines.pdf

Commission européenne (2021) : Disaster Preparedness, ECHO, note d'orientation. Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://ec.europa.eu/echo/system/files/2022-02/dg_echo_guidance_note_-_disaster_preparedness_en.pdf

Concept Concrete (2022) : How Much Does Permeable Paving Cost? (Décomposition complète des prix 2022) (Concept Concrete). Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://conceptconcrete.com.au/blog/how-much-does-permeable-paving-cost/>

Connecting Nature (2020) : ReDuna - Restoration of S. João da Caparica Sand Dunes. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://connectingnature.eu/oppla-case-study/22495> (mise à jour 29/09/2023:29:33).

Conseil d'État du canton du Valais (2015) : Plan d'Aménagement de la 3e correction du Rhône (en français seulement). Disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://www.vs.ch/documents/18863675/18936540/PA-R3.pdf/9eb5666f-39c6-4c6d-b7ce-eb5fd91c0f3b?t=1567774010746>

Dale's Marine Construction Inc. (2021) : How to install riprap and have a good defining line between yard and riprap.

Design 1st. (2021) : 5 New Flood Prevention Products. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.design1st.com/5-innovative-flood-prevention-products-replace-sandbags/>

Design Your Town (2022) : Example of Roadside planter. Disponible en ligne à l'adresse suivante : http://www.designyourtown.org/design_detail/planter-boxes/.

Design Your Town (2022) : Vegetated Swales. Disponible en ligne à l'adresse suivante : http://www.designyourtown.org/design_detail/vegetated-swales/

Diana ; Patel, Sheela (2020) : Building Resilience to Climate Change in Informal Settlements. Dans : One Earth 2 (2), p. 143-156. DOI: 10.1016/j.oneear.2020.02.002.

elhra : SUSTAINABLE FLOOD RESILIENCE IN REFUGEE CAMPS: COMBINING SUSTAINABLE DRAINAGE WITH WASH. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.elrha.org/project/sustainable-flood-resilience-refugee-camps-combining-sustainable-drainage-wash/>

EM-DAT (2009) : Classification of natural hazards by type of disaster. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.emdat.be/classification#Hydrological>

English, Elizabeth C. (2016) : Amphibious Architecture. Where Flood Risk Reduction meets Climate Change Adaptation. Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://www.munichre-foundation.org/content/dam/munichre/foundation/publications/2016_IMC_Day3_PS6%20Presentation%20English.pdf/_jcr_content/renditions/original./2016_IMC_Day3_PS6%20Presentation%20English.pdf

FAG, Alcoforado (2018) : Flood Control And Its Management. Dans : Journal of Atmospheric & Earth Science 2 (1), p. 1-13. DOI: 10.24966/AES-8780/100005.

FEMA (2021) : Wet Floodproofing. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.fema.gov/glossary/wet-floodproofing> (mise à jour 29/09/2023:01:09).

Fine Mesh Metals (2021) : Gabion Standard Design. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.gabionbaskets.co.uk/gabion/gabion-wall-standard-design>

Flexamat (2022) : Negative Impacts of Riprap on Lakeshores.

FloodWise (2023) : Dry Floodproofing (Dry Floodproofing). Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://floodwise.ca/protect-your-home-business/floodproofing/dry-floodproofing/>

Forestry Blog (2023) : Different Types of Check Dams & Design Procedures. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://forestrybloq.com/different-types-of-check-dams/>

García, Miriam (2022) : LEXICON FOR COASTAL RESILIENCE. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://lexiconforresilience.wixsite.com/my-site-2>

Geotech (2023) : Gabion walls – function, application, advantage. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.geotech.hr/en/gabion-walls/>

Ghosh, S. N. (2018) : Flood Control and Drainage Engineering. 4e éd., CRC Press. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.routledge.com/Flood-Control-and-Drainage-Engineering/Ghosh/p/book/9781138077157#>

Global Shelter Cluster (2018) : Shelter & Settlements. The Foundation of Humanitarian Response. Genève.

Go Smart Bricks (2019) : Top 7 Types Of Rainwater Harvesting Systems You Should Be Knowing (Go Smart Bricks). Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://gosmartbricks.com/top-7-types-of-rainwater-harvesting-systems-you-should-be-knowing/>

GRAF Ireland Environmental Ltd (2023) : How Do I Install A Rainwater Harvesting System? Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.graf.info/en-ie/knowledge-hub/blog/how-do-i-install-a-rainwater-harvesting-system.html>

Green Roof Shelters Ltd (2022) : The Green Roof Shelters Container family... In The Green Roof Shelters. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://greenroofshelters.co.uk/green-roof-shelters-container-family/>

Hapsari, Ratih Indri ; Zenurianto, Mohammad (2016) : View of Flood Disaster Management in Indonesia and the Key Solutions. Dans : American Journal of Engineering Research 5 (3), p. 140-151. Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/47615280/T050301400151-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1649837882&Signature=ECic8PsAgRmMJWCKyTEWSlqs4o68~9zhk~I8IEC4Mllr7SHv3sWNmcDnkb2GPO1ZqGbbqyJIT-VhBsQ7d8LUA~jGFurcPXGQDQLjA0kcQH4VI29q6dJOJNl2tq5wUTx5jOubIZeozE6cmzofuTkpc~3C1RYO8TJoSQfE70NhUe~iZTO2W9tixwpqLH-tzG Vt4B~bHjN7~wLbzrt7cNpl~RwNTAR3uz5hNLYZF60Sc-nn8OCWeiyt0BqOkIR98f9RjmXlwTSOLcJljpMq5tJoXrZ4sir3VEfdQgf81A3uJVGMlXs-zlEZdYz-PsZJzQebem3nv433QwtDlppig__&.Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Heidari, A. (2014) : Flood vulnerability of the Karun River System and short-term mitigation measures. Dans : Journal of Flood Risk Management 7 (1), p. 65-80. DOI: 10.1111/jfr.3.12032.

Hiwasaki, Lisa: Local Knowledge for Disaster Risk Reduction Including Climate Change Adaptation. With assistance of Ilan Kelman, Jessica Mercer, J. C. Gaillard. Dans : The Routledge Handbook of Disaster Risk Reduction Including Climate Change Adaptation, p. 227-237.

Hofer, Katrin ; Kaufmann, David (2022) : Actors, arenas and aims: A conceptual framework for public participation. Dans : Planning Theory, 147309522211395. DOI: 10.1177/14730952221139587.

Hu, Pengbo ; Ma, Yue ; Xue, Huifeng ; Zhang, Feng (2019) : Application of low impact development technology in rainwater drainage system reconstruction project. Dans : Cluster Computing 22 (1), p. 533-543. DOI: 10.1007/s10586-017-1284-7.

IPCC/GIEC (2014) : Glossary WGIIAR5-AnnexII. Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-AnnexII_FINAL.pdf

IPCC/GIEC : Climate Change 2022. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers. Dans : Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Jerome Glago, Frank (2021) : Flood Disaster Hazards; Causes, Impacts and Management: A State-of-the-Art Review. Dans : Natural Hazards - Impacts, Adjustments and Resilience: IntechOpen.

John, Regina (2020) : Flooding in Informal Settlements: Potentials and Limits for Household Adaptation in Dar es Salaam City, Tanzania. Dans : American Journal of Climate Change 09 (02), p. 68-86. DOI: 10.4236/ajcc.2020.92006.

Kreibich, Heidi ; Bubeck, Philip ; van Vliet, Mathijs ; Moel, Hans de (2015) : A review of damage-reducing measures to manage fluvial flood risks in a changing climate. Dans : Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 20 (6), p. 967-989. DOI: 10.1007/s11027-014-9629-5.

Leung, Tak (2014) : Amphibious Bamboo House. Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://issuu.com/tak.leung/docs/amphibious_bamboo_house_issuu (mise à jour 29/09/2023:37:39).

Loyce, Nabie (2021) : Construction of Dike Brings Hope to Flood-Affected Communities in Bor. OIM Soudan du Sud. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://southsudan.iom.int/stories/construction-dike-brings-hope-flood-affected-communities-bor> (mise à jour 29/09/2023:55:10).

Lymath, Anthony (2014) : Flood mitigation solutions in buildings - Part One, Two, Three. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.thenbs.com/knowledge/flood-mitigation-solutions-in-buildings>

Mabuku, Monde Patrina ; Senzanje, Aidan ; Mudhara, Maxwell ; Jewitt, Graham ; Mulwafu, Wapulumuka (2018) : Rural households' flood preparedness and social determinants in Mwandia district of Zambia and Eastern Zambezi Region of Namibia. Dans : International Journal of Disaster Risk Reduction 28, p. 284-297. DOI: 10.1016/j.ijdr.2018.03.014.

Martinez, Maria ; Bakheet, Ramez ; Akib, Shatirah (2021) : Innovative Techniques in the Context of Actions for Flood Risk Management: A Review. Dans : Eng 2 (1), p. 1-11. DOI: 10.3390/eng2010001.

Massachusetts Clean Water Toolkit (2023:04:51) : Riprap. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://megamanual.geosyntec.com/npsmanual/riprap.aspx> (mise à jour 29/09/2023:04:51).

Mediterranean membership network of wetland managers (2021) : A success story: restoration of the Azraq Wetland, Jordan. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://medwetmanagers.net/a-success-story-restoration-of-the-azraq-wetland-jordan/>

Minnesota Stormwater Manual (2022) : Design criteria for permeable pavement. Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php/Design_criteria_for_permeable_pavement, (mise à jour 29/09/2023:32:55).

Moccia, F. D. ; Sgobbo, A. (2013) : Flood hazard: planning approach to risk mitigation. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/SAFE13/SAFE13009FU1.pdf>

Mseleku, Erasmus (2021) : Guidelines for Integrated Flood Control Design in the Informal Settlements of Cape Town Municipality. A case study of Kosovo, Philippi District.

Muhathiah, Wentland Ngalushi (2021) : Enhancing adaptive capacity of communities in informal settlements to flooding: The case of Mukuru Kwa Reuben in Nairobi, Kenya. Disponible en ligne à l'adresse suivante : http://erepository.uonbi.ac.ke/bitstream/handle/11295/156014/Muhathiah_Enhancing%20adaptive%20capacity%20of%20communities%20in%20informal%20settlement%20to%20flooding.pdf?sequence=3&isAllowed=y

National Association of City Transportation Officials : Urban Street Stormwater Guide. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/>

Naturally Resilient Communities: USING NATURE TO ADDRESS FLOODING. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://nrcsolutions.org/>

Nguyen, Cong Dinh ; Ubukata, Fumikazu ; Nguyen, Quang Tan ; Vo, Hoang Ha (2021) : Long-Term Improvement in Precautions for Flood Risk Mitigation: A Case Study in the Low-Lying Area of Central Vietnam. Dans : *Int J Disaster Risk Sci* 12 (2), p. 250-266. DOI: 10.1007/s13753-020-00326-2.

Nova Scotia : Wetland Compensation - What's Required and What Are My Options? Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://novascotia.ca/nse/wetland/docs/Wetland_Compensation.pdf.

NWRM, Natural Water Retention Measures (2015) : Floodplain restoration and management. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://nwrn.eu/measure/floodplain-restoration-and-management>, (mise à jour 29/09/2023:30:19).

OIM ONU Migration (2020) : Site Improvement Catalogue. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.humanitarianlibrary.org/resource/iscg-site-improvement-catalogue>

OIM Yémen (2022) : Gabion Walls Protect Displaced People's Life from Floods in Taiz.

ONU-Habitat Myanmar (2015) : Manual on Flood - Causes, Effects & Preparedness. Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://themimu.info/sites/themimu.info/files/documents/Guideline_Flood%20Manual_UN-Habitat.pdf

Padoan, Laura (2018) : Seeds of hope: Chelsea Flower Show inspires refugee gardeners Lemon Tree Trust's garden reflects the hidden beauty in refugee camps. Dans : UNHCR Royaume-Uni. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.unhcr.org/news/latest/2018/5/5b05755b4/seeds-of-hope-chelsea-flower-show-inspires-refugee-gardeners.html>

Paolinelli, Gabriele ; Cei, Marco ; Cristiani, Nicoletta ; Marinaro, Ludovica ; Veronesi, Flavia (2022) : Don't Split Them Up! Landscape Design of Multifunctional Open Spaces Suitable for Coping with Flash Floods and River Floods. Dans : *Sustainability* 14 (4). DOI: 10.3390/su14042316.

Pavement Materials Group (2023) : Terracrete Grass Block Paver (350 x 350 x 100). Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.pavementmaterials.co.za/products/terracrete-grass-block-paver-supplier-south-africa> (mise à jour 29/09/2023:28:05).

PEDRR (2020) : Glossary. Selected Ecosystem-Based Disaster and Climate Change Terminology. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://pedrr.org/glossary/>

Phadtare, Imelda (2020) : Disaster Risk Reduction and mitigation: green growth in Jordan's humanitarian sector. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.ecoltdgroup.com/disaster-risk-reduction-and-mitigation-green-growth-in-jordans-humanitarian-sector/>

Pötz, Hiltrud (2016) : 5 steps to stakeholder engagement and co-creation. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.urbangreenbluegrids.com/sponge/guide/> (consulté le 02/11/2022).

Prabnakorn, Saowanit (2020) : Integrated flood and drought mitigation measures and strategies : Case study: The Mun River Basin, Thailand. DOI: 10.18174/501426.

Ramsar (2019) : Wetlands: The key to coping with climate change. Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/wwd19_handout_e.pdf

REACH (2021) : Flooding Susceptibility and Preparedness Survey (FSPS) SYR2101 Syria. Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/REACH_SYR_Flooding-Susceptibility-and-Preparedness-Survey_public.pdf

Ruangpan, L. ; Vojinovic, Z. ; Di Sabatino, S. ; Leo, L. S. ; Capobianco, V. ; Oen, A. M. P. *et al.* (2020) : Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction: a state-of-the-art review of the research area. Dans : *Natural Hazards and Earth System Sciences* 20 (1), p. 243-270. DOI: 10.5194/nhess-20-243-2020.

Sambito, Mariacrosetta ; Severino, Alessandro ; Freni, Gabriele ; Neduzha, Larisa (2021) : A Systematic Review of the Hydrological, Environmental and Durability Performance of Permeable Pavement Systems. Dans : *Sustainability* 13 (8), p. 4509. DOI: 10.3390/su13084509.

Satterthwaite, David ; Archer, Diane ; Colenbrander, Sarah ; Dodman, David ; Hardoy, Jorgelina ; Mitlin,

Scnat Netzwerk (2023:31:33) : Floodplains: a natural system to preserve and restore (EEA Report, 24/2019). Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://scnat.ch/de/uuid/i/96de4fa4-ee4a-5f7e-9f07-ca302becfabf-Floodplains_a_natural_system_to_preserve_and_restore

Seif-Ennasr, Marieme ; Zaaoul, Rashyd ; Hirich, Abdelaziz ; Caroletti, Giulio Nils ; Bouchaou, Lhoussaine ; El Morjani, Zine El Abidine *et al.* (2016) : Climate change and adaptive water management measures in Chtouka Ait Baha region (Morocco). Dans : *Science of The Total Environment* 573, p. 862-875. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.08.170.

Serlet, Murielle (2020) : Study on shelter response of Caritas Bangladesh for the Forcibly-Displaced Citizens of Myanmar. 2018. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://craterre.hypotheses.org/2498> (mise à jour 2020).

Sivakumar, Saravanamuttu (2015) : Flood Mitigation Strategies Adopted in Sri Lanka A Review. Dans : *International Journal of Scientific and Engineering Research* 6.

Sphere (2018) : The Sphere Handbook. Quatrième édition. Genève, Suisse, Sphere Association.

Sphere Association (2018) : The Sphere Handbook: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response. 4e édition. Genève, Suisse. Disponible en ligne à l'adresse suivante : www.spherestandards.org/handbook.

SUGi (2022) : Revive waterways and biodiversity in Cameroon. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.sugiproject.com/projects/bulu> (mise à jour 29/09/2023:07:54).

susDrain (2022) : SuDS management train. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-principles/management-train.html>

susDrain (2022) : Sustainable Drainage. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/background/sustainable-drainage.html>

Suttles, Kelly M. ; Eagle, Alison J. ; McLellan, Eileen L. (2021) : Upstream Solutions to Downstream Problems: Investing in Rural Natural Infrastructure for Water Quality Improvement and Flood Risk Mitigation. Dans : *Water* 13 (24). DOI: 10.3390/w13243579.

Tanwattana, Puntita (2018) : Systematizing Community-Based Disaster Risk Management (CBDRM): Case of urban flood-prone community in Thailand upstream area. Dans : *International Journal of*

Disaster Risk Reduction 28, p. 798-812. DOI: 10.1016/j.ijdrr.2018.02.010.

Tarchiani, Vieri ; Massazza, Giovanni ; Rosso, Maurizio ; Tiepolo, Maurizio ; Pezzoli, Alessandro ; Housseini Ibrahim, Mohamed *et al.* (2020) : Community and Impact Based Early Warning System for Flood Risk Preparedness: The Experience of the Sirba River in Niger. Dans : Sustainability 12 (5). DOI: 10.3390/su12051802.

Tariq, Muhammad Atiq Ur Rehman ; Farooq, Rashid ; van de Giesen, Nick (2020) : A Critical Review of Flood Risk Management and the Selection of Suitable Measures. Dans : Applied Sciences 10 (23). DOI: 10.3390/app10238752.

Tasawwar, Sumbal ; Kassaye, Rahel Birhanu ; Schaldach, Ruth (2018) : Traditional Ecological Knowledge (TEK): Rainwater Harvesting Methods – A Review. Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://www.ruval.de/wp-content/uploads/2018/07/Traditional_Ecological_Knowledge_Rainwater_Harvesting_Working_Paper.pdf

The Associated Programme on Flood Management (2012): FLOOD PROOFING. INTEGRATED FLOOD MANAGEMENT TOOLS SERIES. Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://www.floodmanagement.info/publications/tools/APFM_Tool_15.pdf

The Associated Programme on Flood Management (2017) : COMMUNITY-BASED FLOOD MANAGEMENT. Integrated flood management tools series. Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/APFM_Tool_4_e.pdf

The Conservation Volunteers: How to manage sand dunes. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://conservationhandbooks.com/manage-sand-dunes/>

The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019) : Riprap Design Criteria, Recommended Specifications, and Quality Control. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.trb.org/Main/Blurbs/155703.aspx>

The United States Society on Dams (2022) : Glossary. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.usdams.org/resource-center/glossary/>

Tucker, Emma (2016) : TetraPOT is a greener alternative to concrete coastal defences. Dans : Dezeen. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.dezeen.com/2016/10/24/tetrapot-coastal-defence-design-plant-pot-sheng-hung-lee-china/>

UKCEH ; UK Sand Dune and Shingle Network et Dynamic Dunescape partners (2021) : The Sand Dune Managers Handbook. 1st ed.: Produced for the Dynamic Dunescape (DuneLIFE) project: LIFE17 NAT/UK/000570; HG-16-08643. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://dynamicdunescape.co.uk/wp-content/uploads/2021/07/Dynamic-Dunescape-Sand-Dune-Managers-Handbook-June-2021.pdf>

Ullal, André; Estrella, Xavier (2021) : South Sudan - State-of-the-Art on Flood Resilient Shelters.

UNDRR Asie-Pacifique (2020) : Ecosystem-Based Disaster Risk Reduction: Implementing Nature-based Solutions for Resilience. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.undrr.org/publication/ecosystem-based-disaster-risk-reduction-implementing-nature-based-solutions-0>

UNDRR, 2020. HAZARD DEFINITION AND CLASSIFICATION REVIEW. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.undrr.org/publication/hazard-definition-and-classification-review>

UNDRR, 2020. Mitigation. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.undrr.org/terminology/mitigation>.

UNEP - Programme des Nations unies pour l'environnement (2020) : Celebrating International Mangrove Day: spare a thought for our coastal ecosystems. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.unep.org/news-and-stories/story/celebrating-international-mangrove-day-spare-thought-our-coastal-ecosystems>

UNEP - Programme des Nations unies pour l'environnement (2020) : How climate change is making record-breaking floods the new normal. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.unep.org/news-and-stories/story/how-climate-change-making-record-breaking-floods-new-normal>

UNEP-Nairobi Convention ; USAID; WIOMSA (2020) : Guidelines on Mangrove Ecosystem Restoration for the Western Indian Ocean Region. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.nairobiconvention.org/CHM%20Documents/WIOSAP/guidelines/GuidelinesonMangroveRestorationForTheWIO.pdf>

UNHCR (2022) : UNHCR Mid-Year Trends 2022. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://reliefweb.int/report/world/unhcr-mid-year-trends-2022> (mise à jour 29/09/2023:50:36).

UNHCR : The Master Plan Approach to Settlement Planning: Guiding Principles.

UNISDR (2017) : Words into Action Guidelines: National Disaster Risk Assessment Hazard Specific Risk Assessment. Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://www.unisdr.org/files/52828_04floodhazardandriskassessment.pdf

Universiti Malaysia Sarawak (2019) : Green walls could buffer flash flooding in cities. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://phys.org/news/2019-01-green-walls-buffer-cities.html>

van Wesenbeeck, Bregje K. ; Ijff, Stéphanie ; Jongman, Brenden ; Balog, Simone ; Kaupa, Stefanie ; Bosche, Lauren *et al.* (2017) : Implementing naturebased flood protection Principles and implementation guidance. Disponible en ligne à l'adresse suivante : https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/Brochure%20Implementing%20nature-based%20flood%20protection_voor%20web.pdf

Ward, Philip J. ; Rüter, Marleen C. de ; Mård, Johanna ; Schröter, Kai ; van Loon, Anne ; Veldkamp, Ted *et al.* (2020) : The need to integrate flood and drought disaster risk reduction strategies. Dans : Water Security 11, p. 100070. DOI: 10.1016/j.wasec.2020.100070.

Watkins, Simon (2017) : Sustainable Flood Resilience in Refugee Camps; Combining sustainable drainage (SuDS) with WASH.

Watson, Donald ; Adams, Michele (2010) : Design for Flooding: Architecture, Landscape, and Urban Design for Resilience to Climate Change: John Wiley & Sons Inc. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <https://www.wiley.com/en-us/Design+for+Flooding%3A+Architecture%2C+Landscape%2C+and+Urban+Design+for+Resilience+to+Climate+Change-p-9780470475645#download-product-flyer>

Watson, Julia (2020) : Lo-TEK. Design by Radical Indigenism.

