

Solutions fondées sur la nature dans les zones d'installation humanitaires

Directives pour l'intégration de solutions fondées sur la nature dans la planification des zones d'installation



Auteurs :

André Ullal, collaborateur scientifique, Laboratoire des systèmes urbains et environnementaux de l'École polytechnique fédérale de Lausanne ;
Gabriele Manoli, professeur assistant, Laboratoire des systèmes urbains et environnementaux de l'École polytechnique fédérale de Lausanne.

Contributions et révision :

Rama Nimri, responsable de la planification des installations, HCR ;
Nadia Carlevaro, Corps suisse d'aide humanitaire, Direction suisse du développement et de la coopération.

Illustrations :

Anna Marchinicamina,
Stef Michelet,
André Ullal.

Citation :

Ullal, A., Manoli, G., « *Solutions fondées sur la nature dans les zones d'installation humanitaires – Directives pour l'intégration de solutions fondées sur la nature dans la planification des zones d'installation* », 2024, UNHCR, Genève.

Ce document a été préparé dans le cadre d'une collaboration organisée par le Geneva Technical Hub entre le HCR, la Direction suisse de la coopération au développement et l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL).

© UNHCR

Image de couverture :

Mariam Hassan Muse participe à un programme agricole dans la zone d'installation de Buramino (Éthiopie). © UNHCR/Petterik Wiggers
Images non attribuées, sous licence de www.shutterstock.com/



Co-convener by



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC



Laboratoire des systèmes urbains et environnementaux
URBES



© UNHCR/Colin Delfosse

TABLE DES MATIÈRES

1 Introduction	2
----------------	---

PARTIE I CONTEXTE

2 Que sont les solutions fondées sur la nature ?	5
3 Intégration des solutions fondées sur la nature dans les zones d'installation humanitaires	10

PARTIE II CATALOGUE

4 Couloirs verts et espaces ouverts	18
5 Terrassement et stabilisation des pentes	26
6 Arbres et foresterie	34
7 Agriculture urbaine	42
8 Solutions de drainage en milieu aride ou semi-aride	50
9 Solutions de drainage en milieu non aride	58
10 Étangs et zones humides	66
11 Solutions de construction	74
12 Références	82

1 INTRODUCTION

Les solutions fondées sur la nature (SfN) constituent un nouveau terme qui traduit une vieille idée : travailler avec la nature pour répondre aux besoins de la société. Tout au long de l'histoire, des sociétés à différents stades de développement économique et technologique ont exploité des processus et des caractéristiques naturels pour répondre à leurs besoins et améliorer leurs conditions de vie. Sous leur forme actuelle, les SfN transforment donc de vieilles idées en nouvelles pratiques.

L'expansion récente des SfN dans les travaux de recherches, les politiques publiques et la pratique est motivée par la reconnaissance des conséquences environnementales néfastes de l'industrialisation et de l'urbanisation et des nouveaux défis sociaux qui en découlent. Les changements climatiques et d'autres formes de dégradation de l'environnement posent une myriade de défis tels que l'augmentation des risques climatiques (chaleur extrême et inondations, par exemple), la pénurie d'eau et la perte de biodiversité. Dans ce contexte, les SfN sont présentées comme des moyens localisés de répondre à ces défis sociaux tout en protégeant et restaurant les écosystèmes ou en en créant de nouveaux.

Les possibilités offertes par les SfN ont été étudiées avec une attention particulière s'agissant de leur application aux environnements urbains, où les populations plus denses font converger problèmes sociaux et risques environnementaux. En milieu urbain, les SfN sont considérées comme des moyens d'intégrer des caractéristiques et des processus naturels dans des paysages développés afin de fournir simultanément des avantages environnementaux, sociaux et économiques. Différentes formes de SfN en milieu urbain sont présentées comme des alternatives ou des extensions de l'infrastructure conventionnelle, ou comme de nouvelles caractéristiques urbaines axées sur la nature.

Les contextes humanitaires constituent un type particulier d'urbanisme où ces solutions pourraient être avantageuses. Les zones d'installation qui offrent hébergement, assistance et protection aux réfugiés et aux personnes déplacées dans leur pays prennent des formes très diverses. Cette diversité est sous-tendue par un élan humanitaire et par l'intention d'héberger temporairement des personnes déplacées. Alors que les zones d'installation fonctionnent souvent pendant de longues périodes, le fait qu'elles soient initialement prévues pour être temporaires, les pénuries d'eau et d'autres limitations environnementales courantes des lieux où sont situées ces zones peuvent constituer des obstacles à la mise en œuvre de SfN. Malgré ces obstacles, l'intégration de SfN dans les zones d'installation pourrait contribuer à la protection et à la restauration des écosystèmes, tout en permettant de répondre à une grande partie des nombreux défis liés à la mise en place et au fonctionnement des zones d'installation humanitaires, ainsi que de répondre aux besoins des personnes déplacées.

L'intégration des SfN dans la planification et la mise en place des zones d'installations s'inscrit dans le cadre stratégique du HCR destiné à faire face aux effets des changements climatiques et à d'autres impacts environnementaux. Plus précisément, le cadre stratégique pour l'action climatique du HCR définit les objectifs suivants :

« préserver et réhabiliter l'environnement naturel et limiter la dégradation de l'environnement dans les situations de déplacement »,

et

« améliorer la résilience des personnes déplacées et des communautés d'accueil face aux risques liés au climat et aux autres risques environnementaux [...] en investissant dans des actions anticipatives pour réduire et gérer ces risques ».

De même, la Stratégie opérationnelle pour la résilience climatique et la préservation de l'environnement 2022-2025 du HCR indique :

« Le HCR et ses partenaires continueront d'apprendre et de s'adapter aux connaissances traditionnelles et autochtones locales, notamment pour les solutions fondées sur la nature. »

Le présent document vise à appuyer les efforts déployés pour intégrer les SfN dans les pratiques actuelles de planification, de mise en place et de gestion des zones d'installation. Il fournit une vue d'ensemble des SfN et offre des conseils techniques concernant l'intégration de formes particulières de SfN dans les zones d'installation. Ces informations peuvent étayer les considérations initiales sur l'intégration potentielle de SfN dans la planification d'une zone d'installation avant de procéder à des évaluations de faisabilité et à une conception plus détaillées.

La première partie donne un bref aperçu des SfN et présente les problèmes liés à l'intégration de ces solutions dans les pratiques actuelles de planification et de mise en place des zones d'installation. La deuxième partie fournit un catalogue des différentes formes de SfN qui sont pertinentes pour les zones d'installation, et comprend des conseils techniques sur la conception et le fonctionnement de ces solutions.



Activités de boisement réalisées par des réfugiés afghans dans la région de Surkhandarya (Ouzbékistan). © UNHCR/Elyor Nemat



PARTIE I CONTEXTE

Tani Yadaka travaille dans une pépinière du camp de réfugiés de Minawao, dans la région de l'Extrême-Nord du Cameroun. © UNHCR/Caroline Irby

2 QUE SONT LES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE ?

Ce chapitre propose une brève introduction sur les solutions basées sur la nature. Il fournit les définitions des principaux concepts et présente différents types d'interventions en la matière.

2.1 Définitions

Les solutions fondées sur la nature (SfN) sont des stratégies visant à exploiter les avantages des processus naturels pour répondre aux besoins de la société. L'industrialisation et l'urbanisation ont élargi à divers degrés les distances entre les sociétés et les écosystèmes naturels. Or, la reconnaissance croissante des effets néfastes de l'activité humaine sur l'environnement naturel et la menace que font peser ces dommages aux écosystèmes naturels sur les sociétés expliquent l'attention croissante accordée aux SfN et la prévalence accrue du terme dans le discours politique public.

L'Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN) propose une définition des SfN qui a été approuvée par l'ONU-Habitat, la Banque mondiale et d'autres institutions internationales, à savoir :

Les solutions fondées sur la nature sont des actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les défis de société de manière efficace et adaptative, tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité. (IUCN, 2016)

Comme c'est généralement le cas dans les nouveaux domaines de recherche et d'action, on peut trouver différentes définitions des SfN, qui varient en termes d'importance et de priorités (voir Chausson *et al.*, 2020). Ces définitions impliquent toutefois la convergence systématique de deux éléments : les écosystèmes naturels et les défis sociétaux.

Termes connexes

D'autres termes se recoupent avec le concept de solutions fondées sur la nature (SfN), comme l'adaptation fondée sur la communauté, la réduction des risques de catastrophes fondée sur les écosystèmes et les services d'adaptation au climat. L'adaptation fondée sur les écosystèmes, qui est étroitement liée aux SfN, désigne l'exploitation des services écosystémiques dans le but précis de renforcer la résilience et de réduire la vulnérabilité aux effets des changements climatiques, tandis que les SfN englobent une gamme plus large de défis sociétaux.

Types d'écosystèmes

Les différents types d'écosystèmes se distinguent par les conditions climatiques, les éléments biotiques et abiotiques et les processus par lesquels ils interagissent. Les différents types d'écosystèmes sont les suivants :

- Forêts tropicales et subtropicales
- Forêts tempérées
- Prairies tropicales et subtropicales
- Prairies tempérées
- Déserts et zones arbustives xériques
- Zones arbustives et forêts méditerranéennes
- Zones de montagne/alpines
- Zones humides
- Étangs et lacs
- Cours d'eau et rivières
- Tourbières
- Littoraux
- Marais salants
- Mangroves
- Deltas et estuaires

Écosystèmes

Les écosystèmes naturels présentent des interactions complexes entre des éléments biotiques et abiotiques. Les éléments organiques d'un écosystème comprennent toutes les formes de vie végétale et animale, tandis que les éléments inorganiques désignent les matières non vivantes telles que le sol, l'eau et les gaz atmosphériques. Les divers éléments biotiques et abiotiques d'un écosystème interagissent par une myriade de processus, notamment des processus biologiques comme la fertilisation, des processus hydrologiques comme l'évapotranspiration et des processus géologiques comme l'érosion. Différentes combinaisons de conditions climatiques et d'éléments et de processus écosystémiques permettent de différencier plusieurs types d'écosystèmes, notamment : les forêts tropicales, les forêts subtropicales, les prairies tempérées, les déserts, les zones arbustives, les zones humides et les mangroves. Le concept de SfN repose sur l'objectif de protection ou de restauration de ces écosystèmes naturels, voire de création de nouveaux écosystèmes. Les services écosystémiques sont les avantages que ces écosystèmes procurent à la société, comme la fourniture de nourriture, la filtration de l'air et de l'eau, la décomposition des déchets et l'accueil d'activités récréatives.



Écosystème aride



Écosystème tempéré



Écosystème subtropical



Écosystème tropical

Défis sociaux

Dans le contexte des SfN, les défis sociaux englobent le large éventail des conditions nécessaires à la survie et à la prospérité durable des sociétés. Les besoins essentiels des individus concernent la nutrition, la santé physique et mentale, l'éducation, la dignité, etc. Les défis sociaux regroupent et équilibrivent une myriade de besoins et d'intérêts individuels et communautaires. Ils peuvent concerner la fourniture d'infrastructures et de services publics, la préservation de la culture, l'assurance de l'égalité et le respect de la diversité.

Parmi l'éventail des défis sociaux auxquels on peut s'attaquer, les effets émergents des changements climatiques sont ceux qui ont donné l'impulsion nécessaire pour qu'une plus grande importance soit accordée aux SfN. L'évolution des conditions climatiques entraîne une série de défis sociaux critiques et interconnectés, notamment l'augmentation des risques de catastrophes, le stress thermique, la pénurie de nourriture et d'eau et l'évolution des modes d'établissements humains. Parmi les défis auxquels on peut s'attaquer grâce aux SfN, la réduction des risques de catastrophe est particulièrement importante, notamment pour faire face aux risques accrus liés aux inondations, à la sécheresse, à l'érosion, aux glissements de terrain et aux chaleurs extrêmes.

À l'échelle des zones d'installation urbaines, les défis sociaux comprennent la fourniture d'aménagements urbains de base tels que l'évacuation des eaux et l'assainissement, la création d'espaces pour les loisirs et les interactions sociales, ainsi qu'une ventilation adéquate. Ils comprennent également des besoins sociaux tels que la sûreté et la sécurité, la possibilité d'avoir des moyens de subsistance adéquats, la cohésion de la communauté et la préservation de la culture.

Les SfN sont destinées à apporter à ces différents défis sociaux une réponse conforme aux éléments et processus qui caractérisent les écosystèmes locaux.

L'UICN définit l'objectif primordial des SfN comme suit :

« soutenir la réalisation des objectifs de développement de la société et sauvegarder le bien-être humain de manière à refléter les valeurs culturelles et sociales et à renforcer la résilience des écosystèmes, leur capacité de renouvellement et la fourniture de services ; les solutions fondées sur la nature sont conçues pour relever les principaux enjeux de société tels que la sécurité alimentaire, le changement climatique, la sécurité de l'eau, la santé humaine, les risques de catastrophe, le développement économique et social ».

(UICN, 2016b)

Principes des solutions fondées sur la nature

L'UICN définit huit principes pour guider la conception et la mise en œuvre des SfN :

1. *Les SfN englobent les normes (et principes) de conservation de la nature ;*
2. *Les SfN peuvent être appliquées seules ou intégrées à d'autres solutions aux enjeux de société (c.-à-d. des solutions techniques et d'ingénierie) ;*
3. *Les SfN sont déterminées par le contexte naturel et culturel d'un site particulier comprenant le savoir traditionnel et les connaissances locales et scientifiques ;*
4. *Les SfN produisent des avantages pour la société, de façon juste et équitable, encourageant la transparence et une large participation ;*
5. *Les SfN maintiennent la diversité biologique et culturelle et la capacité des écosystèmes d'évoluer avec le temps ;*
6. *Les SfN s'appliquent à l'échelle du paysage [y compris les paysages urbains] ;*
7. *Les SfN reconnaissent et traitent la question des compromis entre la production de quelques avantages économiques immédiats pour le développement et les options futures de production de toute la gamme des services écosystémiques ;*
8. *Les SfN font partie intégrante de la conception générale des politiques et mesures ou actions visant à relever un enjeu particulier.*



Abdi Hassan cherche de l'eau en pleine sécheresse dans le sud-est de l'Éthiopie. © UNHCR/Mary-Sanyu Osire

2.2 Types et formes de solutions fondées sur la nature

Les SfN englobent un large éventail d'interventions et d'initiatives qui peuvent être décrites, caractérisées et classées de différentes manières. Une façon de catégoriser les SfN consiste à faire la distinction entre les interventions structurelles qui impliquent des éléments abiotiques (durs) et les interventions non structurelles qui impliquent principalement des éléments et des processus biotiques (mous). Une autre manière de catégoriser les SfN consiste à se concentrer sur les types d'écosystèmes et les formes d'intervention. Six catégories peuvent ainsi être définies (Chausson *et al.*, 2020) :

1. *Protection des écosystèmes naturels*
2. *Restauration des écosystèmes naturels*
3. *Autre mode de gestion des écosystèmes naturels/semi-naturels*
4. *Combinaison d'interventions de protection, de restauration et de gestion des écosystèmes naturels*
5. *Mise en place ou gestion d'écosystèmes créés*
6. *Combinaison d'écosystèmes naturels/semi-naturels et créés*

La Commission européenne (EC, 2015) classe les SfN en tenant compte à la fois des contextes écosystémiques et des objectifs d'intervention, et définit sept catégories de SfN qui soutiennent ou fournissent les aspects suivants :

1. *la régénération urbaine ;*
2. *le bien-être dans les zones urbaines ;*
3. *la résilience côtière ;*
4. *la gestion et la restauration des bassins versants ;*
5. *l'utilisation durable des matériaux et de l'énergie ;*
6. *l'amélioration de la valeur d'assurance des écosystèmes ;*
7. *l'augmentation du stockage du carbone.*

Au sein de ces catégories, on peut regrouper un large éventail de SfN qui répondent à des objectifs différents, exploitent des processus naturels différents et opèrent à des échelles différentes. Parmi cette gamme de SfN, celles qui s'appliquent aux environnements urbains (villes et autres zones d'installation) concernent les écosystèmes créés et les combinaisons d'écosystèmes naturels/semi-naturels et d'écosystèmes créés.

2.3 Solutions fondées sur la nature et infrastructures grises

En milieu urbain, les SfN impliquent généralement une approche des aménagements et services urbains qui diffère de l'approche suivie pour les infrastructures conventionnelles, lesdites « infrastructures grises », qui comprennent généralement des structures construites telles que des réservoirs, des canaux, des systèmes d'évacuation des eaux par canalisation et le béton ou d'autres matériaux imperméables.

Malgré les différences d'approche, ces deux formes d'infrastructures peuvent être intégrées pour fournir efficacement des aménagements urbains et répondre aux défis sociaux. L'intégration des SfN et des infrastructures grises conventionnelles peut optimiser l'offre d'aménagements urbains et la résilience urbaine en tenant compte de l'éventail des exigences de performance et des coûts et avantages associés à chaque approche.

Buts	Actions
Renforcement de l'urbanisation durable	Gestion multifonctionnelle des bassins versants fondée sur la nature et restauration des écosystèmes
Restauration des écosystèmes dégradés	SfN visant à améliorer le bien-être dans les zones urbaines
Renforcement de l'adaptation aux changements climatiques et de l'atténuation de leurs effets	Mise en place de SfN en faveur de la résilience côtière
Amélioration de la gestion des risques et de la résilience	Gestion multifonctionnelle des bassins versants fondée sur la nature et restauration des écosystèmes
	SfN visant à une utilisation plus durable des matériaux et de l'énergie
	SfN visant à améliorer la valeur d'assurance des écosystèmes
	Accroître le stockage du carbone grâce à des SfN

Adapté à partir de : Commission européenne, 2015



Couloirs verts à Medellin (Colombie). *Image : WWF, 2021.*



Toitures vertes à Malmö (Suède). *Image : WWF, 2021.*



Restauration de terrains industriels urbains, Londres. *Image : Commission européenne, 2015.*



Zones humides restaurées à Kabukuri-numa (Japon). *Image : IUCN, 2016.*



Restauration d'une rivière à Singapour. *Image : WWF, 2021.*



Régénération des mangroves en Guinée-Bissau. *Image : WWF, 2021.*



Reforestation pour la protection contre les risques, Suisse. *Image : Commission européenne, 2015.*



Régénération de la forêt tropicale à Salvador (Brésil). *Image : WWF, 2021.*

3 INTÉGRATION DES SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE DANS LES ZONES D'INSTALLATION

Ce chapitre aborde une série de questions relatives à l'intégration des solutions fondées sur la nature (SfN) dans les zones d'installation accueillant des réfugiés et des déplacés internes.

Les avantages potentiels d'intégrer des SfN dans une intervention face à une situation de déplacement particulière concernent à la fois les besoins immédiats et les avantages à long terme des différentes formes de solutions, comme la restauration de l'environnement, la réduction des risques de catastrophe, l'interaction sociale et la préservation de la culture.

Les évaluations de faisabilité et la planification des SfN doivent suivre une approche des systèmes intégrés sous divers aspects :

1. Intégration de différents types de SfN à différentes échelles spatiales de la zone d'installation ;
2. Intégration aux systèmes conventionnels, notamment l'infrastructure grise et les modalités de gestion de la zone d'installation ;
3. Intégration dans un paysage plus large, notamment la fourniture d'avantages au-delà des limites de la zone d'installation et de son cycle de vie.

Comme pour les initiatives en matière de développement des zones d'installations et des infrastructures, la conception et la mise en œuvre des SfN doivent être précédées d'une évaluation minutieuse des fonctions, des avantages, de l'adéquation et des coûts par rapport aux conditions et aux contraintes locales.

3.1 Zones d'installation de réfugiés et de déplacés internes

Les zones d'installation offrant un hébergement, une assistance et une protection aux réfugiés et aux déplacés internes prennent des formes diverses. Elles peuvent être spontanées ou planifiées, dispersées ou groupées, en fonction de l'urgence, de l'intervention correspondante et du contexte. Les zones d'installation évoluent également au fil du temps. Si les zones d'installation sont des réponses temporaires aux déplacements, elles fonctionnent et évoluent souvent pendant des années ou des décennies.

Dans la plupart des situations de déplacement, les réfugiés et les déplacés internes établissent des zones d'installation de façon spontanée, l'assistance ultérieure étant axée sur l'amélioration des conditions de vie dans le contexte des contraintes établies.

Dans le cas d'une zone d'installation planifiée, les conditions locales influent sur la planification et le fonctionnement de la zone. Le choix du site doit se faire compte tenu des conditions physiques et environnementales telles que la topographie, les conditions du sol et le drainage, la quantité d'eau disponible et sa qualité et les effets potentiels sur la flore et la faune locales. Il faut également tenir compte de facteurs sociaux, économiques et politiques tels que l'accessibilité, la sécurité et la protection, les moyens de subsistance potentiels, les questions de santé publique et la coopération des communautés d'accueil avec les autorités.



Nouveaux arrivants installés par leurs propres moyens à la périphérie des camps de réfugiés de Dadaab (Éthiopie). © UNHCR / Mohamed Aden Maalim



Zone d'installation de Dormiz 1, Iraq. © UNHCR

La taille des zones d'installation varie en fonction des situations de déplacement. Pour atténuer la pression sur les ressources et les environnements locaux, les directives suggèrent une population maximale de 20 000 personnes ; en présence d'une population plus nombreuse, les personnes sont dispersées dans plusieurs zones d'installation séparées par une distance de marche d'au moins une journée (UNHCR, 2023a). Toutefois, les exigences et les contraintes pratiques se traduisent souvent par la mise en place d'une zone d'installation de plus grande taille, ou bien par plusieurs zones dispersées, mais séparées par des distances plus courtes.

Les zones d'installation planifiées impliquent des investissements importants dans les infrastructures. La construction d'infrastructures d'accès, d'évacuation des eaux, d'approvisionnement en eau et d'assainissement accompagne généralement l'établissement et le développement des zones d'installation pendant le fonctionnement de celles-ci. Au-delà de l'investissement initial, ces infrastructures exigent une gestion significative et des coûts permanents d'exploitation et d'entretien.

En fin de compte, l'emplacement et la forme des zones d'installation, notamment la taille et l'étendue des infrastructures, dépendent du contexte de la crise et de l'intervention subséquente. Les sites sont parfois installés sur des terrains vacants qui ne sont pas utilisés en raison de leur faible valeur, de leur éloignement et de leur inadéquation pour l'agriculture. Les zones d'installation peuvent donc être établies dans des endroits moins appropriés que d'autres.

Ces caractéristiques générales des zones d'installation humanitaires ont plusieurs implications pour l'intégration potentielle des SfN.

Les SfN fonctionnent généralement à l'échelle du paysage, qui, en milieu urbain, peut être l'échelle d'un quartier. Si les petites zones d'installation spontanées ou planifiées ne sont peut-être pas assez vastes pour accueillir de nombreux types de SfN, les grandes zones d'installation planifiées qui intègrent plusieurs communautés, îlots ou secteurs peuvent convenir à l'intégration de différents types de SfN.

Les SfN intègrent des processus et des caractéristiques naturels comme de la végétation, qui peuvent nécessiter plus de temps que les infrastructures grises conventionnelles pour s'implanter. Ces longues périodes dont ont besoin les SfN pour se développer peuvent s'avérer inadaptées dans des situations d'urgence. En revanche, elles sont tout à fait conciliables avec les zones d'installation dont l'horizon de fonctionnement est plus lointain.

Les SfN dépendent des services écosystémiques, qui peuvent être limités dans les terres marginales souvent utilisées pour les zones d'installation. La disponibilité en eau est une considération essentielle dans le choix du site et peut constituer une restriction critique dans l'intégration des SfN. Si les terres plus arides et moins fertiles peuvent être moins propices à l'établissement initial de SfN, à plus long terme, ces solutions peuvent contribuer à l'amélioration des conditions environnementales telles que la qualité de la couche arable et la rétention de l'eau.

3.2 Considérations relatives au processus d'établissement d'une zone d'installation

Les zones d'installation ont vocation à être temporaires, la principale solution durable aux déplacements étant le retour en toute sécurité des réfugiés et déplacés internes. Cependant, la plupart des situations de déplacement durent plus longtemps que prévu. Les zones d'installation restent souvent en activité pendant des décennies, et les décisions prises au départ s'agissant de l'emplacement, de la planification urbaine et des infrastructures peuvent nuire aux conditions de vie des réfugiés et déplacés internes pendant cette longue période.

Les processus concrets d'établissement, de développement et de fonctionnement des zones d'installation varient en fonction de la situation. Néanmoins, les directives relatives à la planification des zones d'installation définissent trois étapes du cycle de vie : 1) établissement et développement de la zone d'installation, 2) fonctionnement et entretien de la zone d'installation, et 3) fermeture de la zone d'installation.

Bien que la réalité des opérations d'intervention diffère grandement de ces étapes conceptuelles, les trois étapes mettent en exergue l'importance de la fermeture et du démantèlement des zones d'installation. La restauration des sites, qui vise à remédier à l'ensemble des effets néfastes des zones d'installation sur les écosystèmes locaux, est un objectif central de cette dernière étape.

L'urgence et le caractère temporaire des zones d'installation ont des implications pour l'application des SfN. Les SfN intègrent des processus et des caractéristiques naturels comme de la végétation, qui peuvent demander plus de temps que les infrastructures grises conventionnelles pour s'implanter. Ces longues périodes dont ont besoin les SfN pour se développer peuvent s'avérer inadaptées dans des situations d'urgence. En revanche, elles sont tout à fait conciliables avec les zones d'installation déjà établies et celles dont l'horizon de fonctionnement est plus lointain. Le développement de SfN impliquant de la végétation, des modifications de la couche arable et une intégration hydrologique doit souvent être synchronisé avec les changements de saison.

Les SfN peuvent être bien adaptées à toutes les étapes du cycle de vie d'une zone d'installation. La restauration de l'écosystème est un objectif central de la phase finale de ce cycle de vie, et un principe et une fonction fondamentaux des SfN. En plus d'appuyer le fonctionnement des zones d'installation, les SfN peuvent

améliorer les résultats de la fermeture de ces zones et de la restauration des sites. La restauration de l'écosystème et les autres fonctions des SfN peuvent se poursuivre longtemps après la fermeture de la zone d'installation.

Compte tenu des délais de développement et de la durabilité des SfN, l'inclusion de ces solutions devrait être envisagée dès le début, pendant le choix du site et la planification de la zone d'installation. Les décisions relatives à l'inclusion et à la conception des SfN doivent tenir compte de l'urgence des besoins, de la durée prévue de fonctionnement de la zone d'installation et des avantages potentiels de ces solutions pendant la durée de vie de la zone d'installation, à sa fermeture et à plus longterme s'agissant de la restauration de l'écosystème.

3.3 Considérations environnementales et écologiques

La mise en place d'une zone d'installation implique des changements rapides dans l'usage du sol et des autres ressources naturelles, ce qui affecte inévitablement les conditions environnementales locales.

Les impacts hydrologiques peuvent inclure des effets sur les nappes phréatiques et la disponibilité en eau. L'afflux de personnes déplacées dans les zones d'installation exerce une pression supplémentaire sur les ressources en eau locales, ce qui risque de faire baisser le niveau de la nappe phréatique et de contaminer les sources d'eau souterraines et de surface. La disponibilité en eau est un facteur déterminant de l'adéquation du site. Les directives pour la conception et la construction des structures des zones d'installation, notamment les bâtiments et les infrastructures en matière d'eau, d'assainissement et d'hygiène (WASH), visent à réduire les risques de contamination des eaux souterraines.

Les impacts géologiques dépendent de la topologie et des caractéristiques du sol. Les sites en pente douce avec des inclinaisons de l'ordre de 2 % à 6 % sont généralement préférés pour les zones d'installation. Les sites plats sont plus difficiles à drainer, tandis que les sites à forte pente limitent l'occupation du sol et présentent des risques accrus d'érosion et de glissement de terrain. Un sol bien drainé favorise l'évacuation des eaux du site et la construction de latrines, qui, sinon, pourraient s'avérer compliquées sur des terrains sablonneux ou rocheux. L'érosion est un problème courant en raison du développement rapide des sites en



l'absence de végétation de couverture, le sol se dégradant sous l'effet du vent et de l'eau. Il est important de préserver la couche arable pour le développement d'une zone d'installation et la restauration ultérieure du site.

Les conséquences biologiques comprennent les effets sur la flore et la faune. Le développement des zones d'installation exerce une pression sur la végétation locale, notamment en raison de la demande de combustible et de matériaux pour la construction de logements. La disparition de la végétation aggrave l'érosion et modifie la dynamique de l'humidité du sol. La perte de végétation est souvent la conséquence écologique la plus visible du développement d'une zone d'installation et, avec l'augmentation de l'activité humaine sur des terres auparavant vacantes, elle entraîne la perte d'habitats pour la faune locale.

Compte tenu de ces effets, les zones d'installation devraient être tenues à l'écart des écosystèmes fragiles. Les directives en la matière recommandent que les zones d'installation soient situées à au moins une journée de marche de toute ressource naturelle ayant besoin de protection.

Les directives pour la mise en place des zones d'installation établissent des obligations en matière d'évaluation et de gestion des risques environnementaux qui visent à minimiser les impacts négatifs sur l'environnement. Pour les situations d'urgence, les directives prescrivent une évaluation rapide des risques environnementaux. Pour les situations non-urgentes (après que les priorités humanitaires urgentes ont été traitées), elles exigent des études d'impact sur l'environnement et des évaluations des risques pour l'environnement plus détaillées (voir IOM *et al.*, 2015).

Les principes directeurs du HCR en matière d'environnement, à savoir le Cadre pour l'évaluation et le suivi de l'environnement dans les opérations de secours aux réfugiés (FRAME), et le manuel d'urgence du HCR proposent des protocoles complets de gestion des risques

pour l'environnement. Ces protocoles établissent des prescriptions et procédures relatives à la détermination des risques d'impact sur l'environnement lors du choix du site, et à la gestion des conséquences dans le cadre du développement et de la gestion de la zone d'installation.

Les directives relatives à la gestion des risques environnementaux établissent également des prescriptions en matière de restauration des sites après la fermeture d'une zone d'installation. Celles-ci concernent notamment la réhabilitation des conditions hydrologiques, géologiques et biologiques, comme la restauration de la nappe phréatique, de la couche arable et de la végétation. La réhabilitation ne se limite pas à un retour aux conditions antérieures à la mise en place de la zone d'installation sur le site ; elle peut également améliorer l'écosystème local au-delà de ces conditions antérieures.

Les SfN peuvent atténuer une série de risques environnementaux liés à la zone d'installation dans différentes conditions écosystémiques. En plus de répondre aux besoins immédiats des habitants, tels que l'évacuation des eaux, les espaces publics et la réduction des risques de catastrophe, différents types de SfN peuvent permettre de restaurer la végétation, le sol et les conditions hydrologiques. En bref, en plus d'atténuer l'impact environnemental, l'inclusion de SfN dans le développement des zones d'installation pourrait permettre d'intégrer la restauration des sites à des stades plus précoce du cycle de vie de ces zones.

Les directives existantes en matière de gestion des risques environnementaux, comme les principes directeurs FRAME du HCR, fournissent un cadre de planification qui peut soutenir l'inclusion des SfN dans la planification d'une zone d'installation. La détermination précoce des risques et des besoins de restauration subséquents peut favoriser le choix des SfN appropriées et fournir des indicateurs de performance et des critères de conception.



L'érosion des sols a provoqué la formation de ravines dans le camp de réfugiés de Kigeme (Rwanda). © UNHCR/Lilly Carlisle



Vue aérienne du camp de réfugiés de Kutupalong et de son extension, Bangladesh. *Image @antoniooguterres/X*

3.4 Considérations relatives à la planification d'une zone d'installation

Les directives pour la planification et la gestion des zones d'installation fournissent des orientations détaillées sur les questions d'urbanisme telles que la taille de la zone par rapport à la densité de la population, la configuration et les modèles de circulation ainsi que l'occupation des sols et la répartition des fonctions. Dans le cadre de ces directives, la planification concrète d'une zone d'installation varie en fonction des conditions propres à chaque situation d'intervention. Le cadre de planification et la gamme de formes urbaines qui caractérisent les zones d'installation offrent un vaste champ d'application pour l'inclusion des SfN.

Comme indiqué plus haut, les directives suggèrent une population maximale de 20 000 personnes ; en présence d'une population plus nombreuse, les personnes sont dispersées dans plusieurs zones d'installation séparées par une distance de marche d'au moins une journée. Le manuel d'urgence du HCR et le manuel Sphere recommandent une superficie minimale de 45 m² par personne, en ce compris les zones de circulation, les infrastructures, les espaces ouverts et les autres installations. Cela correspondrait à une superficie générique d'environ 90 hectares, mais les superficies réelles des sites varient considérablement.

Les directives recommandent que les zones d'installation soient adaptées aux conditions naturelles, notamment les conditions topologiques et géologiques et les autres caractéristiques naturelles. La configuration comprend les modèles de circulation pour les routes, les chemins et autres réseaux d'infrastructure, qui déterminent également la disposition des parcelles des ménages. Dans les

régions vallonnées et en pente, l'adaptation aux conditions naturelles suggère l'adoption de modèles de configuration organique qui favorisent une meilleure évacuation des eaux et une plus grande efficience de l'occupation des sols et des réseaux d'infrastructures. Sur les sites plats ou légèrement inclinés, les conditions naturelles peuvent favoriser une configuration en grille qui peut être adaptée aux caractéristiques locales du site.

D'après les directives, il convient d'adopter une approche hiérarchique de la planification de la zone d'installation, qu'il s'agisse d'une configuration organique ou en grille. La hiérarchie de planification établit cinq unités de planification d'une zone d'installation : la famille, la communauté, l'îlot, le secteur et la zone d'installation. En ce qui concerne la configuration de la circulation, la hiérarchie établie entre routes primaires, secondaires et tertiaires favorise une circulation sûre et efficace entre les unités de planification tout en minimisant les perturbations dans les zones familiales et communautaires. Ce cadre urbain défini par l'agencement de la zone d'installation

Unités de planification d'une zone d'installation

Famille		4-6 personnes
Communauté	16 familles	80 personnes
Îlot	16 communautés /	1 250 personnes
Secteur	4 îlots	5 000 personnes
Zone d'installation	4 secteurs	20 000 personnes

et la hiérarchie de planification influe sur la conception des réseaux d'évacuation des eaux, des infrastructures WASH, des coupe-feu et d'autres espaces ouverts. Pour la sécurité incendie, les directives prescrivent une séparation minimale de 2 mètres entre les logements et les coupe-feu de 30 mètres pour chaque tranche de 300 mètres de zone bâtie (HCR, 2023a).

Le cadre de planification des zones d'installation offre des possibilités d'intégrer diverses SfN de différentes manières.

Les SfN fonctionnent généralement à l'échelle du paysage ou du voisinage, ce qui est conciliable avec des zones d'installation de différentes tailles. Les SfN comme les couloirs verts, la foresterie urbaine (consolidée et dispersée), les jardins urbains et diverses solutions d'évacuation des eaux fondées sur la nature peuvent fonctionner efficacement à l'échelle des communautés, des îlots ou des secteurs. Compte tenu de l'échelle et de la délimitation des zones d'installation prévues par rapport aux zones environnantes, des SfN de foresterie, d'agriculture et d'évacuation des eaux pourraient être intégrées à la périphérie d'une zone d'installation afin d'en définir les limites tout en maintenant les liens avec les paysages environnants et les communautés d'accueil. Dans le cas d'une population nombreuse séparée dans plusieurs zones d'installation, la mise en œuvre de SfN telles que des interventions liées à la foresterie et à l'agriculture pourrait créer des liens entre les différentes zones d'installation et les communautés d'accueil tout en soutenant la restauration de l'écosystème.

Les SfN peuvent être intégrées à des niveaux particuliers de planification d'une zone d'installation et de hiérarchie de circulation. Par exemple, le jardinage urbain ou la plantation d'arbres dispersés peuvent fonctionner à l'échelle d'une famille, d'une communauté ou d'un îlot. Les bassins de biorétention et autres solutions d'évacuation des eaux peuvent fonctionner efficacement à l'échelle d'un îlot ou d'un secteur. Les SfN peuvent être intégrées dans plusieurs hiérarchies de planification à la fois. Par exemple, des couloirs verts peuvent être intégrés aux voies secondaires qui séparent les secteurs, et peuvent relier des parcs plus petits qui sont dispersés au niveau d'une communauté. Les hiérarchies de planification d'une zone d'installation peuvent fournir un cadre utile pour intégrer des SfN de manière à ce qu'elles remplissent des fonctions spécifiques dans les différentes unités de planification.

Les SfN peuvent également être intégrées à d'autres éléments et infrastructures d'une zone d'installation. Les solutions d'évacuation des eaux fondées sur la nature, notamment les rigoles et les bassins de rétention, peuvent être intégrées à l'infrastructure d'évacuation des eaux conventionnelle. Les couloirs verts, l'agriculture urbaine et la foresterie peuvent être intégrés aux coupe-feu et aux limites entre les secteurs.

Bien que les directives actuelles en matière d'aménagement des zones d'installation n'abordent pas explicitement les SfN, les exigences techniques et les avantages potentiels de ces solutions peuvent être coordonnés avec les normes et pratiques actuelles en matière d'aménagement des zones d'installation.



Camp de déplacés internes de Bentiu (Soudan du Sud). © UNHCR/Andrew McConnell

3.5 Considérations relatives à la gouvernance

La gouvernance des infrastructures d'une zone d'installation, notamment la gestion et l'entretien, relève généralement de la responsabilité d'un organisme chargé de la gestion des camps. Les directives relatives à la gestion des zones d'installation reconnaissent en outre les avantages d'une participation active de la population d'une zone d'installation à divers aspects de la gouvernance locale. La mise en place de comités de camp ayant compétences dans un domaine spécifique ou dans plusieurs domaines, comme un comité WASH ou un comité de l'environnement, constitue un canal de participation à la gouvernance locale.

Ce modèle de gouvernance participative est adapté aux SfN. Plusieurs types de SfN requièrent un entretien et offrent des avantages qui peuvent être gérés par les canaux existants de gestion et de gouvernance participative. Les SfN comme l'agriculture urbaine, la foresterie et les solutions d'évacuation des eaux fondées sur la nature nécessitent une participation et un entretien actifs qui soient adaptés à la gestion participative. Les modalités de gouvernance pour ces formes de SfN et d'autres peuvent être intégrées dans les dispositifs de gestion des camps existants.

Outre la participation de la population installée aux modalités de gouvernance des SfN, celle des communautés d'accueil peut également se justifier en raison de l'interaction des SfN avec les processus et ressources naturels locaux et parce que ces solutions pourraient continuer à fonctionner après la fermeture d'un camp/d'une zone d'installation. La connaissance de l'environnement local qu'ont les communautés d'accueil peut en effet s'avérer essentielle pour une conception et un entretien appropriés des SfN. Ces solutions peuvent avoir des effets durables sur les paysages locaux, comme c'est le cas du terrassement, des solutions de foresterie et du détournement des eaux de crue grâce à des solutions d'évacuation des eaux, ce qui justifie d'envisager la participation des communautés d'accueil à la conception et à la gestion des SfN.

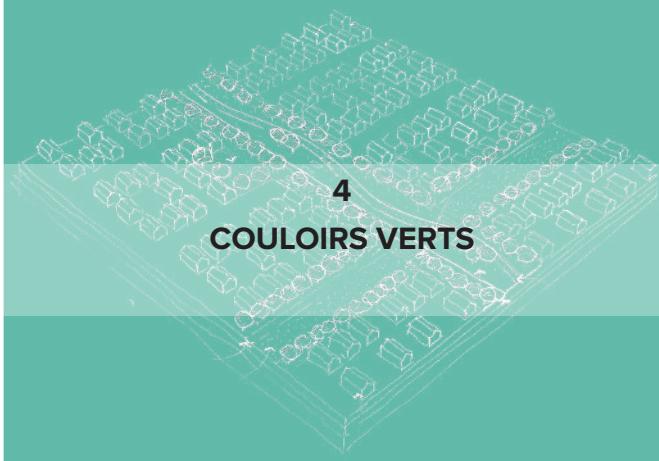


L'un des comités WASH du camp de réfugiés de Gendrassa (Soudan du Sud) © UNHCR/Mary Sanyu Osire

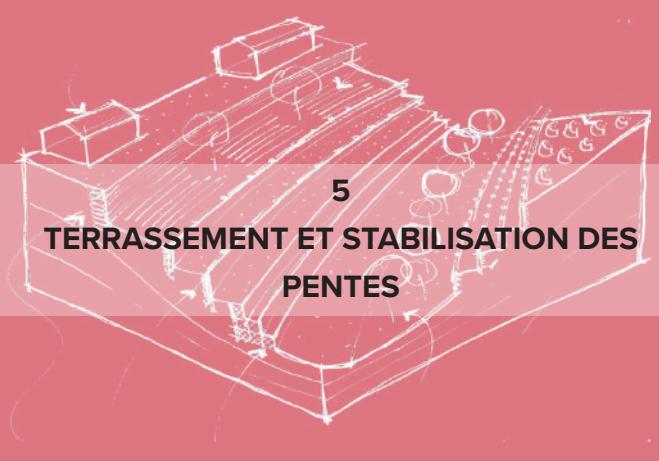
3.6 Considérations relatives aux coûts

Compte tenu de la dépendance des SfN à l'égard des processus naturels et des services écosystémiques, il ne fait aucun doute que les besoins en matière de conception et de mise en œuvre varient en fonction des conditions locales, notamment climatiques, géologiques et hydrologiques. Par exemple, la profondeur et la capacité d'absorption de la couche arable locale ont des implications significatives sur la faisabilité, la conception et le fonctionnement de différents types de SfN. Ces particularités locales entraînent de grandes variations de coûts. Dans le contexte de l'aide humanitaire, il n'existe pas de comparaisons génériques des coûts associés aux SfN, pas plus que de comparaisons avec les coûts des infrastructures grises équivalentes. La dépendance à l'égard des conditions locales entraîne une plus grande variabilité des coûts associés aux SfN par rapport à ceux des infrastructures grises. Néanmoins, comme pour les processus habituels de développement des infrastructures, les évaluations initiales des conditions locales peuvent permettre d'établir des estimations de coûts pour les SfN, qui peuvent être affinées à mesure que la conception avance.

On peut examiner les coûts associés aux SfN en différenciant coûts initiaux et coûts d'entretien continu. Les coûts initiaux comprennent les coûts liés à la terre (qui peuvent ne pas être pertinents pour les zones d'installation humanitaires) et les coûts de conception et de mise en œuvre, y compris les coûts de la main-d'œuvre et des matériaux, qui peuvent varier en fonction du lieu et de la saison. Les coûts d'entretien sont les coûts des interventions récurrentes visant à assurer le bon fonctionnement des SfN. Les besoins d'entretien peuvent varier en fonction des saisons et au cours du processus de développement (par exemple, les coûts de préservation et d'arrosage de la végétation mise en place peuvent évoluer). Les coûts d'entretien à long terme doivent être planifiés en tenant compte des conditions locales et de l'évolution des besoins d'entretien au cours du cycle de vie.



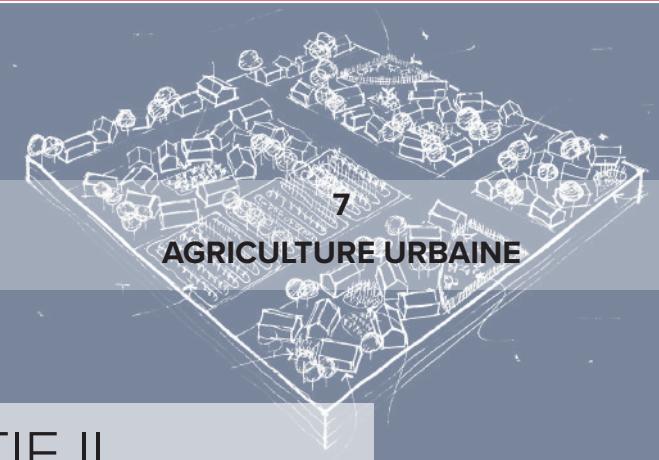
4 COULOIRS VERTS



5 TERRASSEMENT ET STABILISATION DES PENTES



6 ARBRES ET FORESTERIE



7 AGRICULTURE URBAINE



8 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU ARIDE



9 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU NON ARIDE



10 ÉTANGS ET ZONES HUMIDES



11 SOLUTIONS DE CONSTRUCTION

PARTIE II CATALOGUE

4 COULOIRS VERTS

Description

Les couloirs verts sont des bandes de verdure (arbres, arbustes, plantes herbacées et autres types de végétation) intégrées dans la planification urbaine. Ils peuvent fonctionner à différentes échelles et dimensions, et sont essentiellement caractérisés par une géométrie linéaire qui peut s'étendre et relier des quartiers. Généralement, les couloirs verts sont intégrés à d'autres espaces ouverts tels que des parcs locaux isolés, créant ainsi des réseaux d'infrastructures vertes qui permettent de relier les éléments naturels et de rendre les services écosystémiques plus accessibles dans les environnements urbains (Banque mondiale, 2021). Dans la planification des zones d'installation humanitaires, les couloirs verts peuvent être intégrés en suivant des approches de planification sectorielles et hiérarchiques, reliant les espaces et les services qui fonctionnent aux niveaux des unités de planification de la communauté, de l'îlot et du secteur.

Le couvert végétal et la végétation basse sont des éléments essentiels des couloirs verts. Le développement de la végétation dans les zones d'installation humanitaires

doit se faire compte tenu de questions telles que la disponibilité d'eau et la protection de la végétation, en particulier pendant les premières phases de croissance.

Le caractère de réseau distribué des couloirs verts permet également d'intégrer ceux-ci à d'autres réseaux d'infrastructures. Les couloirs verts peuvent être intégrés aux réseaux d'évacuation des eaux conventionnels, combinant les infrastructures de drainage fondées sur la nature et grises. L'intégration de solutions d'évacuation des eaux fondées sur la nature (voir chapitre 9) peut apporter de nombreux avantages grâce aux espaces ouverts et à la végétation (Woods Ballard *et al.*, 2015). Les couloirs verts peuvent également être intégrés aux réseaux de circulation (routes et chemins), en utilisant un revêtement perméable pour favoriser l'absorption de l'eau et la végétation (Banque mondiale, 2021). Dans les zones d'installation humanitaires, les coupe-feu entre les îlots pourraient favoriser l'intégration de couloirs verts dans l'aménagement conventionnel de la zone.

Applicabilité

Les conditions locales de croissance de la végétation, notamment des arbres et des plantes herbacées, sont fondamentales ; elles ont une incidence directe sur l'applicabilité des couloirs verts dans les zones d'installation humanitaires. L'eau doit être disponible en quantité suffisante pour la végétation, compte tenu des besoins en irrigation et des effets potentiels sur la nappe phréatique. La condition des sols et l'exposition au soleil influent également sur le potentiel de croissance de la végétation et, donc, sur l'applicabilité des couloirs verts dans un contexte spécifique.

La protection de la végétation dans le contexte de densités de population relativement élevées, ainsi que l'accessibilité des espaces publics, en particulier pendant les premières phases de croissance, doivent également être prises en compte dans la conception des couloirs verts.

La disponibilité de terres est un autre facteur qui influe sur l'applicabilité des couloirs verts dans la planification des zones d'installation. Les couloirs verts pouvant être mis en place à différentes échelles et dimensions, ils impliquent des besoins variés en termes de superficie. Dans le cas d'une nouvelle zone d'installation planifiée sur un site ouvert, les besoins en surface peuvent être satisfaits dans le cadre de l'aménagement conventionnel de la zone. Dans une zone d'installation existante ou dans des endroits où les surfaces sont limitées, la mise en place de couloirs verts peut se faire en intégrant ces couloirs à d'autres réseaux d'infrastructures, notamment les réseaux de circulation ou les coupe-feu.



Couloir vert à Medellin (Colombie). *Image : WWF, 2021.*



Couloir vert à Medellin (Colombie). *Image : WWF, 2021.*

4 COULOIRS VERTS

A Le couvert arboré est un élément essentiel des couloirs verts. L'ombre est un élément de confort important dans les climats chauds, en particulier dans les situations où la conception des logements amplifie les températures locales et rend les conditions de vie en intérieur inconfortables. L'ombre permet d'utiliser les espaces extérieurs par temps chaud, d'étendre l'espace communautaire utile des zones d'installation et de favoriser les interactions sociales.

B Les couloirs verts sont idéaux pour la circulation des piétons. Définir des voies piétonnes peut contribuer à contrôler la circulation des piétons et à protéger la végétation. Les pavés perméables, qui permettent l'infiltration de l'eau, notamment ceux fabriqués à partir de matériaux durables comme la brique et le béton, peuvent offrir des chemins pratiques dans des conditions humides et sèches.

C Les couloirs verts peuvent intégrer des solutions d'évacuation des eaux fondées sur la nature, notamment des rigoles et des bassins de rétention. Les couloirs verts peuvent constituer une zone tampon le long de rigoles linéaires, et peuvent suivre des tracés rectilignes ou sinueux. Les surfaces perméables peuvent soutenir les fonctions d'atténuation des risques d'inondation des solutions d'évacuation des eaux fondées sur la nature et conventionnelles.



D Dans les zones d'installation humanitaires, les couloirs verts peuvent relier les espaces ouverts locaux à l'échelle des communautés ou des îlots, créant ainsi des réseaux d'infrastructures vertes à même d'optimiser les fonctions et l'utilisation des espaces ouverts.

E Les couloirs verts peuvent être intégrés aux réseaux routiers et constituer des zones tampons entre le trafic routier et les parcelles résidentielles. L'utilisation de revêtements routiers perméables, tels que des pavés perméables ou l'asphalte modifié, permet de maintenir les fonctions d'absorption, d'évacuation des eaux et d'atténuation des risques d'inondation des couloirs verts tout en permettant l'accès des véhicules.

F Les coupe-feu définis dans les directives de planification des zones d'installation peuvent être utilisés pour les couloirs verts, en tenant compte des dimensions obligatoires des coupe-feu et d'autres exigences en matière de sécurité incendie. Les couloirs verts peuvent répondre aux exigences de sécurité incendie en matière d'accès et d'évacuation. Cela nécessite toutefois un examen attentif du climat local et des risques d'incendie, ainsi que des types de végétation et de l'espacement.

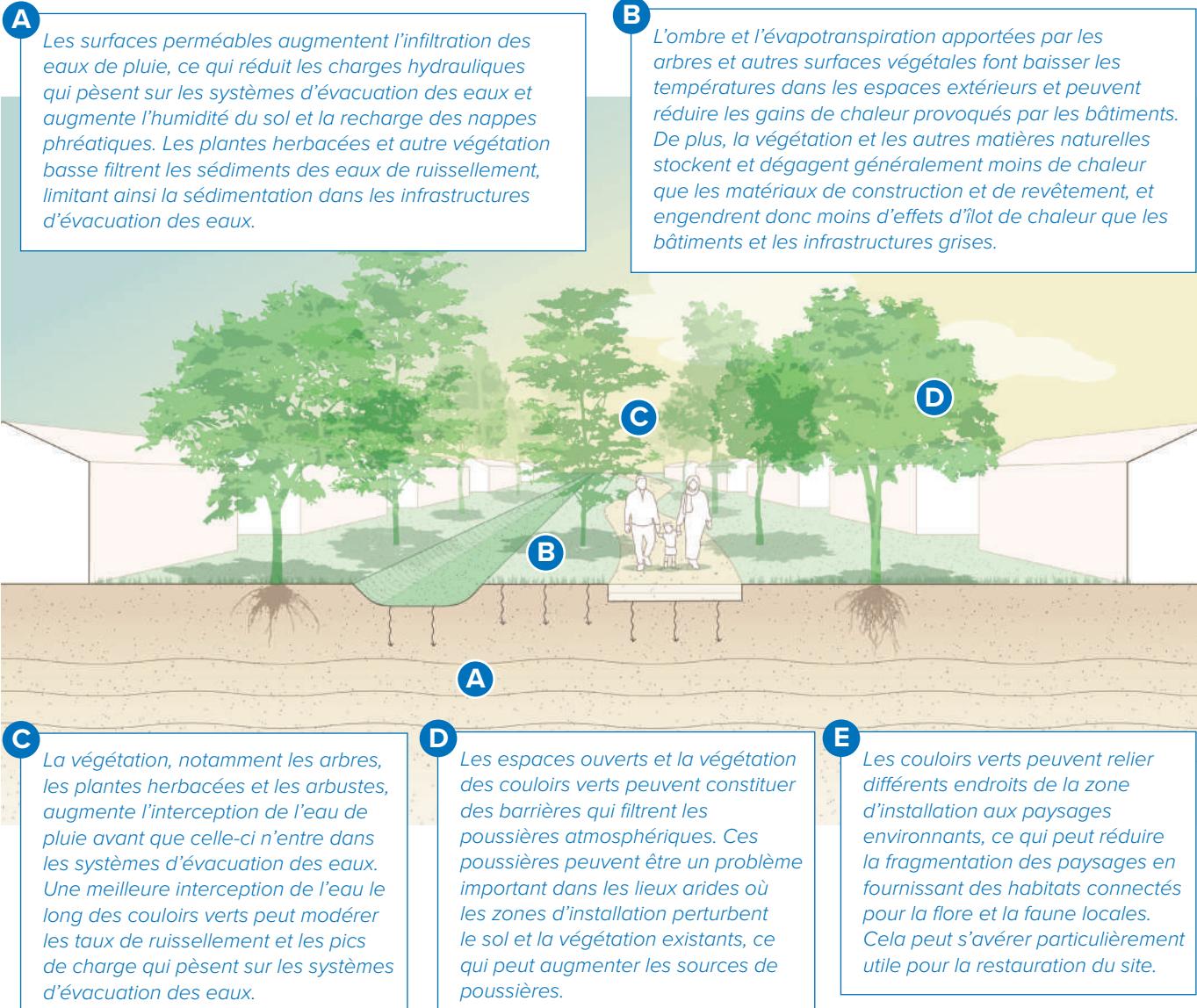
4 COULOIRS VERTS

Avantages

Les couloirs verts peuvent créer des réseaux d'infrastructures vertes intégrant la végétation et d'autres éléments naturels dans l'environnement bâti des zones d'installation humanitaires. Cette distribution connectée des caractéristiques naturelles habilite une série de fonctions qui contribuent à la résilience urbaine. Les couloirs verts et la végétation qui les borde peuvent augmenter l'interception et l'infiltration des eaux de pluie, modérant ainsi les pics de ruissellement et les charges qui en résultent pour les systèmes d'évacuation des eaux (Eisenberg *et al.*, 2022). Les surfaces perméables et végétales peuvent également réduire la sédimentation et la pollution dans les systèmes d'évacuation des eaux en améliorant la sédimentation et la filtration de l'eau du sol (Woods Ballard *et al.*, 2015). Les espaces ouverts et la végétation des couloirs verts peuvent modérer la chaleur en apportant de l'ombre et en favorisant l'évapotranspiration, ce qui compense l'absorption de chaleur et réduit les effets d'îlot de chaleur dans les zones densément construites. La végétation et les

espaces ouverts peuvent aussi améliorer la qualité de l'air en augmentant le stockage des dépôts de poussière et autres particules qui peuvent accompagner le développement urbain rapide en milieu aride.

Ces fonctions naturelles auxquelles contribuent les couloirs verts peuvent apporter toute une série d'avantages aux habitants des zones d'installation et aux communautés d'accueil. L'augmentation de l'interception et de l'infiltration des eaux de pluie le long des couloirs verts peut atténuer la pression sur les systèmes d'évacuation des eaux et réduire les risques d'inondation. Les arbres et autres végétaux des couloirs verts peuvent réduire les températures et le stress thermique (Banque mondiale, 2021). Les couloirs verts fournissent des espaces ouverts répartis qui favorisent l'interaction sociale aux niveaux des unités de planification de la communauté et de l'îlot. Après la fermeture d'une zone d'installation, la végétation et d'autres éléments naturels répartis le long des couloirs verts peuvent contribuer à la restauration du couvert végétal et à celle du site.



Réduction des risques d'inondation



Les couloirs verts contribuent à la réduction des risques d'inondation en augmentant l'infiltration de l'eau et en réduisant le ruissellement de surface. L'interception de l'eau de pluie par les arbres et autres végétaux et son infiltration dans le sol lors de précipitations intenses retardent l'arrivée des pics de charge hydraulique et réduisent leur intensité. La filtration des sédiments limite la sédimentation dans les drains, préservant ainsi la capacité des systèmes d'évacuation des eaux et réduisant les besoins d'entretien.

Réduction du stress thermique



Les couloirs verts peuvent réduire le stress thermique en réduisant la chaleur dans les espaces extérieurs grâce à l'ombrage et à l'évapotranspiration, atténuant ainsi les effets d'îlot de chaleur générés par les bâtiments et les surfaces pavées. La réduction de la chaleur dans les espaces extérieurs est particulièrement importante dans les situations où la conception des logements entraîne des conditions intérieures excessivement chaudes.

Interaction sociale



Les couloirs verts et autres espaces ouverts offrent des possibilités d'interaction sociale dans des espaces extérieurs confortables. Les couloirs verts peuvent relier différentes unités de planification, notamment des communautés, des îlots et des secteurs, offrant ainsi des espaces extérieurs et des possibilités d'interaction sociale entre ces unités.

Santé publique



Les couloirs verts peuvent contribuer à améliorer la santé physique et mentale. La régulation des poussières en suspension dans l'air peut contribuer à réduire les problèmes respiratoires et autres problèmes de santé liés à la poussière. L'augmentation des interactions sociales et le contact avec des environnements naturels peut contribuer à améliorer la santé mentale, en particulier dans les zones fortement bâties et densément peuplées.

Restauration du site



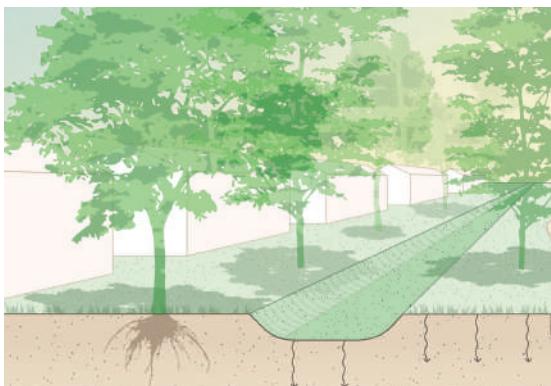
Les couloirs verts peuvent constituer la première étape d'un processus de restauration du site qui se poursuivra pendant le fonctionnement de la zone d'installation. Ils permettent en effet l'implantation et le développement de la végétation et des habitats pour la flore et la faune locales. En reliant différents endroits de la zone d'installation aux paysages environnants, les couloirs verts peuvent constituer un point de départ à partir duquel le processus de restauration du couvert végétal et du site se poursuivra.

4 COULOIRS VERTS

Considérations techniques

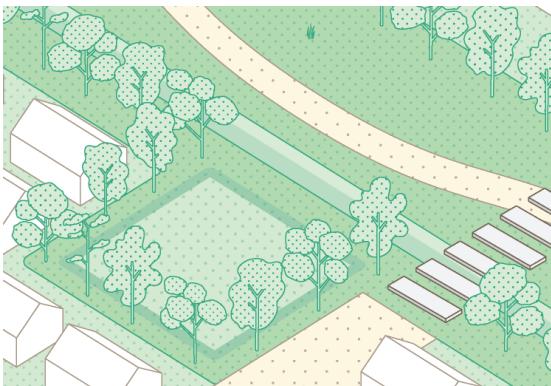
Un aspect technique qu'il importe de prendre en considération pour l'intégration de couloirs verts dans les zones d'installation a trait à la garantie de conditions appropriées pour la croissance de la végétation et l'infiltration des eaux souterraines. La disponibilité en eau est en effet une considération fondamentale pour planter et entretenir la végétation. Pour choisir les espèces végétales à planter, il faut donc tenir compte de la disponibilité en eau, du climat local et des conditions locales du sol, ainsi que des besoins en matière d'entretien et des risques de dommages aux espèces

choisies compte tenu de la densité de la population. L'absorption et la rétention des eaux de pluie doivent être facilitées en assurant une couverture des sols appropriée, en conservant la couche arable en bon état et en utilisant des pavés et des revêtements routiers perméables. Les couloirs verts peuvent être conçus avec des dimensions variées ; toutefois, ces dimensions doivent être suffisantes pour permettre la croissance de la végétation, étant donné que des espaces plus grands améliorent les fonctions et les avantages de ces couloirs.



Hydrologie

La disponibilité en eau est une considération fondamentale pour déterminer l'applicabilité des couloirs verts dans une situation d'intervention particulière. En général, les besoins en eau de la végétation sont plus importants pendant les premiers stades de la croissance. Cependant, les besoins en eau varient en fonction des espèces végétales et des conditions pédologiques et climatologiques. Les techniques visant à capter l'eau de pluie et à encourager l'absorption (voir chapitres 8 et 9) peuvent favoriser l'augmentation de l'humidité du sol et la croissance de la végétation.



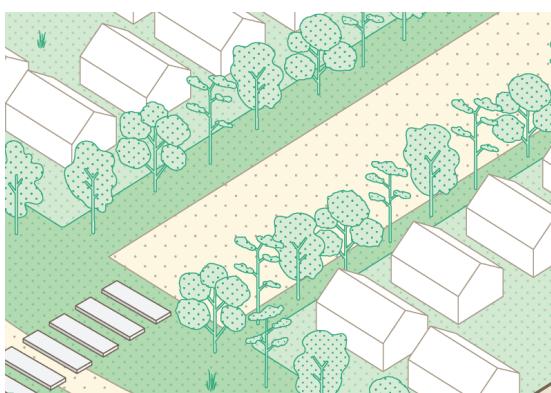
Plantation

Les espèces végétales doivent être sélectionnées en tenant compte des conditions locales, des besoins en matière de croissance et d'entretien et des caractéristiques des espèces afin d'optimiser les fonctions du couloir vert. Il faut aussi tenir compte de l'évolution des besoins en eau. En général, il convient de choisir des espèces végétales qui résistent aux dommages et qui minimisent les besoins de protection et d'entretien. Le choix des espèces doit également se faire compte tenu de l'ombrage fourni et de l'habitat offert à la faune et à la flore locales.



Géologie

L'état des sols, notamment leur acidité et leur capacité d'absorption, a des conséquences sur la croissance de la végétation et d'autres fonctions des couloirs verts. Un site peut être choisi pour une zone d'installation parce qu'il n'est pas adapté à l'agriculture ; le sol y sera donc peu propice à la croissance de la végétation. En général, l'adéquation de la couche arable pour la croissance de la végétation est liée à la teneur en nutriments, à la texture et à la structure du sol (par exemple, le pourcentage de sable, de limon et d'argile). La qualité du sol peut être modifiée par l'ajout de nutriments et d'autres terres adéquates ; toutefois, la faisabilité de ces interventions doit être examinée sous l'angle des coûts et de la proximité des ressources.



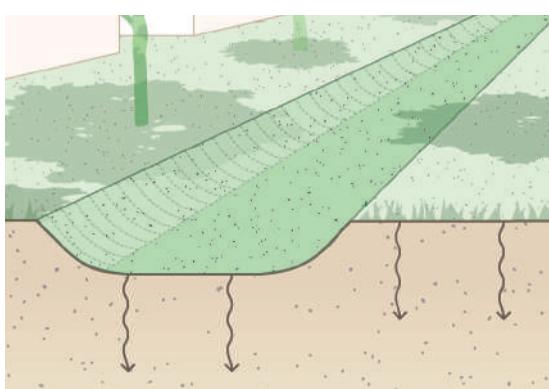
Géométrie

Les couloirs verts peuvent être conçus de différentes longueurs, largeurs et formes (géométries droite ou sinuose). La largeur d'un couloir vert doit tenir compte de l'espace nécessaire à la croissance de la végétation, y compris les systèmes racinaires des arbres. La taille des systèmes racinaires varie selon les espèces d'arbres, mais chez de nombreuses espèces, le rayon de croissance des branches donne une indication de l'étendue du système racinaire souterrain. Comme pour la planification d'une zone d'installation en général, les pentes douces sont préférables afin de faciliter l'absorption de l'eau de pluie et la croissance de la végétation.



Perméabilité des revêtements

Des revêtements perméables peuvent assurer l'accès des piétons et des véhicules tout en favorisant l'infiltration de l'eau de pluie dans les surfaces du sol. Il s'agit de surfaces poreuses, comme le gravier, et de matériaux de pavage perméables qui comportent des espaces pour l'infiltration de l'eau entre des matériaux imperméables durables, tels que le béton et les briques de terre cuite. Le type et la densité de gravier utilisé pour une surface ou les couches de base du revêtement doivent permettre l'infiltration de l'eau.



Évacuation des eaux

Les couloirs verts peuvent offrir un espace pour la mise en place de solutions d'évacuation des eaux fondées sur la nature destinées à gérer le ruissellement et à augmenter l'interception et l'infiltration. Les rigoles, par exemple, nécessitent plus d'espace que les solutions conventionnelles (infrastructures grises de drainage).

Entretien

Les besoins en matière d'entretien des couloirs verts dépendent, comme pour d'autres espaces ouverts, du type de plantation, du pavage et d'autres caractéristiques. Les besoins d'arrosage et de protection de la végétation sont plus importants lors des premiers stades de la croissance. Les plantes herbacées peuvent devoir être coupées, bien que la plantation d'espèces locales peut réduire considérablement les besoins d'entretien.

Coûts

Les coûts d'établissement et d'entretien des couloirs verts dépendent de facteurs tels que la taille du couloir, l'étendue de la plantation, le type de plantation, le type de revêtement et les éventuelles modifications à apporter au sol, à la pente, etc. pendant la mise en place du couloir. La protection et l'arrosage de la végétation lors des premiers stades de croissance peuvent entraîner des coûts importants qui doivent être budgétisés avec les coûts de construction initiaux.

4 COULOIRS VERTS

Projet de couloirs verts, Medellin

Le projet de couloirs verts à Medellin (Colombie), a donné lieu à la création, entre 2016 et 2019, de 36 couloirs verts couvrant environ 65 hectares. Le projet a été lancé par les autorités municipales et comprenait la plantation d'environ 8 800 arbres. Les avantages rapportés comprennent une réduction de 2°C de l'effet d'îlot de chaleur local autour des couloirs verts et la séquestration d'environ 160 tonnes de CO₂ par an.

[Pour plus d'informations :](#)



Couloir vert à Medellin (Colombie). *Image : WWF, 2021.*



Couloir vert à Medellin. *Image C40 Knowledge Hub*

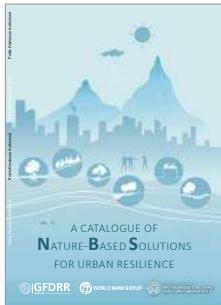
Principaux enseignements à retenir

Les couloirs verts peuvent être intégrés dans les pratiques existantes de planification des zones d'installation et peuvent relier des parcs et des espaces ouverts pour créer des réseaux verts qui optimisent les avantages sociaux et environnementaux.

Les couloirs verts peuvent contribuer à la résilience climatique en réduisant les risques d'inondation et le stress thermique, tout en offrant des aménagements publics susceptibles d'améliorer les interactions sociales, la santé et le bien-être.

Les couloirs verts sont faits de végétation qui a besoin d'eau, de protection et d'entretien, ce qui peut être optimisé en sélectionnant des espèces végétales appropriées ; cet aspect doit être soigneusement pris en compte dès les premières phases de planification et de conception.

Lectures complémentaires



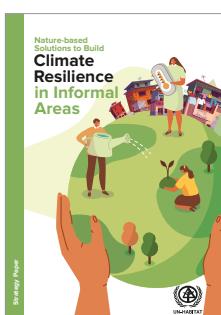
World Bank (Banque mondiale), 2021. A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience. World Bank Group, Washington, D.C.

Ce rapport de la Banque mondiale fournit une description générale des SfN, une justification complète de l'intégration de ces solutions dans les environnements urbains et un catalogue qui décrit les caractéristiques, les avantages et les directives techniques pour la mise en œuvre d'un éventail de SfN, parmi lesquelles les couloirs verts. Il traite des SfN dans des environnements urbains formels, principalement des villes bien développées. Néanmoins, un grand nombre de caractéristiques, d'avantages et de directives techniques sont pertinents pour les environnements urbains moins développés, notamment les zones d'installations de populations déplacées.



Eisenberg, B., Chiesa, C., Fischer, L., Jakstis, K., Polcher, H.G., 2022. Nature-based Solutions - Technical Handbook Factsheets. UNaLab Urban Nature Labs, Stuttgart.

Ce rapport, élaboré dans le cadre d'un programme de recherche financé par l'Union européenne, fournit des descriptions et des directives techniques concernant toute une série de SfN en milieu urbain, dont les couloirs verts. La mise en page uniforme des fiches techniques permet de comparer facilement les avantages et les performances des différentes SfN.



Greenwalt, J., Bülow, C., Carrillo Silva, D., Francisco, A., Klooste, J., Dudley, R., 2022. Climate Resilience Nature-based Solutions to Build in Informal Areas. UN-Habitat, Nairobi.

Ce document stratégique publié par l'ONU-Habitat fournit une description détaillée des principes qui sous-tendent les SfN, une justification de l'intégration de ces solutions dans les établissements urbains informels, ainsi que des descriptions détaillées des processus de définition et de planification des SfN dans ces contextes. Le document ne traite pas spécifiquement des couloirs verts ni des zones d'installation ; néanmoins, les questions soulevées en rapport avec les établissements informels sont pertinentes.

5 TERRASSEMENT ET STABILISATION DES PENTES

Description

Le terrassement et autres formes de stabilisation des pentes englobent une série de techniques utilisées sur des sites en pente pour réduire l'érosion et accroître l'utilité des terrains en pente.

Les différentes formes de stabilisation des pentes se distinguent par la mesure dans laquelle elles modifient l'inclinaison naturelle d'un site. Le terrassement implique une intervention de grande envergure ; il consiste à reformer une pente en une série de marches horizontales et de murs de soutènement verticaux qui la stabilise. Le nivellement du terrain permet de contrôler les eaux de pluie et de retenir les sédiments. La taille de chaque terrasse peut varier en fonction de l'inclinaison de la pente, de la stabilité du sol et de l'utilisation potentielle du terrain nivelé. Le terrassement est traditionnellement utilisé dans les paysages vallonnés pour créer des terrains plats pour les cultures et à d'autres fins agricoles. Contrairement au terrassement, les clôtures en clayonnage et les clôtures vives impliquent des interventions modérées dans la pente naturelle du sol visant à créer des mini terrasses qui stabilisent le sol et contrôlent l'écoulement des eaux de

pluie et la sédimentation. Enfin, planter de la végétation sur un site est également une technique de stabilisation des pentes, mais cela n'implique pas de modification significative du terrain car ce sont les systèmes racinaires qui stabilisent le sol.

Les différentes formes de stabilisation des pentes se distinguent également par les matériaux utilisés. Les formes traditionnelles de stabilisation des pentes, notamment le terrassement, utilisent des matériaux naturels tels que de la pierre, des branches et du bambou pour créer des structures de soutènement. Les terrasses en gabion sont faites de pierres naturelles retenues par des cages en maille d'acier qui forment des murs de soutènement structurels perméables et pouvant soutenir la croissance de la végétation. Le terrassement et autres formes de stabilisation des pentes peuvent également se faire avec des géotextiles contemporains de différents types qui peuvent être utilisés pour contenir le sol (comme dans le cas des terrasses géotubes) ou être posés à la surface du sol ou entre les couches du sol pour accroître la stabilité du sol et prévenir l'érosion.

Applicabilité

Le terrassement et d'autres formes de stabilisation sont utiles sur les terrains en pente où une faible stabilité du sol peut entraîner une érosion et des glissements de terrain. Pour choisir la méthode appropriée de stabilisation d'une pente et la géométrie du terrassement, il faut tenir compte de plusieurs facteurs, à savoir l'inclinaison de la pente, le type de sol, le degré d'instabilité du sol et le volume des précipitations (Inter Sector Coordination Group, 2022). En général, planter de la végétation est une méthode adaptée pour stabiliser des pentes plus ou moins prononcées ; cependant, l'implantation et les premiers stades de croissance sont plus difficiles sur les pentes plus prononcées en raison de l'impact du ruissellement rapide sur la nouvelle végétation (Polster, 2003). Des analyses du sol et des avis techniques sont nécessaires pour déterminer les techniques de stabilisation qui conviennent à ces pentes.



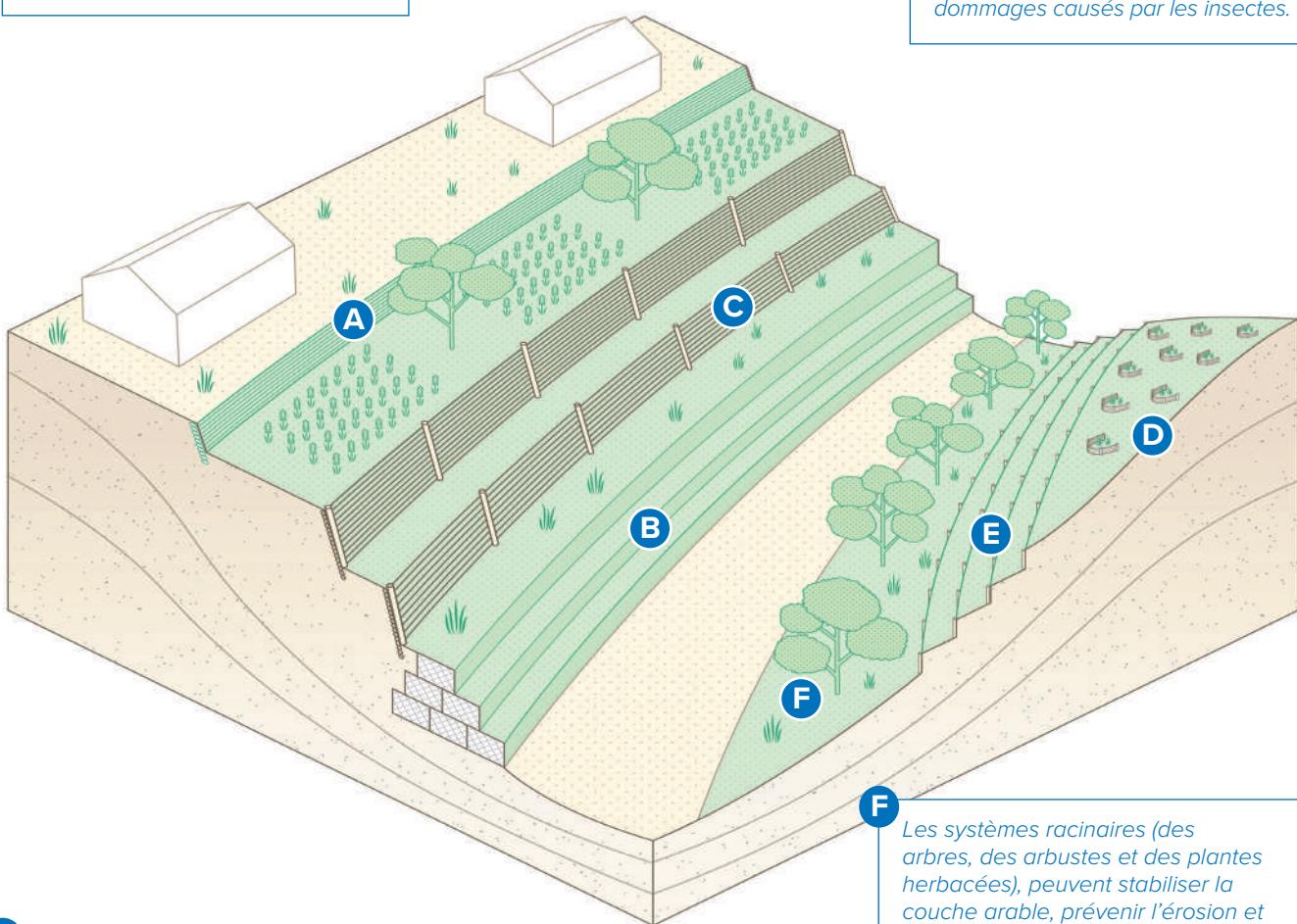
Terrassement dans la zone d'installation de réfugiés de Kutupalong (Bangladesh). *Image © UNDRR/Nusrat Khan*

5 TERRASSEMENT ET STABILISATION DES PENTES

A Les terrasses géotubes sont une forme de terrassement dans laquelle les murs de soutènement/banquettes sont constitués de sacs géotextiles en forme de tube spécialement conçus et remplis de terre ou de sable. Pour des raisons de stabilité, les tubes remplis sont posés avec une inclinaison de 45-60 ° à une hauteur maximale de 1,5 m. Les terrasses géotubes sont perméables et permettent la croissance de la végétation. Leur durabilité est limitée par la durabilité du géotextile, qui peut se dégrader plus rapidement lorsqu'il est exposé à la lumière ultraviolette (comme en plein soleil).

B Les gabions végétalisés sont une forme de terrassement dans laquelle les murs de soutènement sont constitués de cages en acier résistant à la corrosion et remplies de pierres. Ils constituent donc une forme rudimentaire de maçonnerie en pierre qui ne nécessite pas les compétences, les pierres de forme régulière et le mortier requis pour les autres types de maçonnerie. Les murs en gabion sont perméables et permettent la croissance de la végétation, qui peut être soutenue par le dépôt de terre et de sédiments entre les pierres du gabion.

C Les murs-caisson en bambou sont une forme de terrassement dans laquelle la structure de la terrasse est formée d'un cadre en bambou connecté verticalement par des marches/niveaux. La structure en bambou supporte une natte en bambou ou un géotextile qui constitue une barrière perméable contre l'érosion du sol. Les murs-caissons en bambou peuvent être utilisés pour stabiliser les pentes abruptes et ont été largement utilisés à Cox's Bazar. Leur durabilité est limitée par la durabilité des poteaux structurels en bambou, qui peuvent être affectés par une exposition constante à l'humidité et par les dommages causés par les insectes.



D Les clôtures vives sont de petites clôtures de soutènement incurvées, formées de branches et de boutures de plantes flexibles, soutenues par des poteaux encastrés dans la pente. Elles sont disposées en quinconce sur les pentes afin de piéger les sédiments et de contrôler le ruissellement, créant ainsi un ensemble de mini terrasses. Elles peuvent ainsi favoriser la croissance des plantes, ce qui permet de stabiliser davantage les pentes.

E Les clôtures en clayonnage sont constituées de poteaux solidement enfouis dans le sol et de branches et de boutures de plantes flexibles tissées entre les poteaux. Elles retiennent le sol en divisant la pente en petites terrasses qui contrôlent le ruissellement et retiennent les sédiments. Elles peuvent ainsi favoriser la croissance des plantes, ce qui permet de stabiliser davantage les pentes.

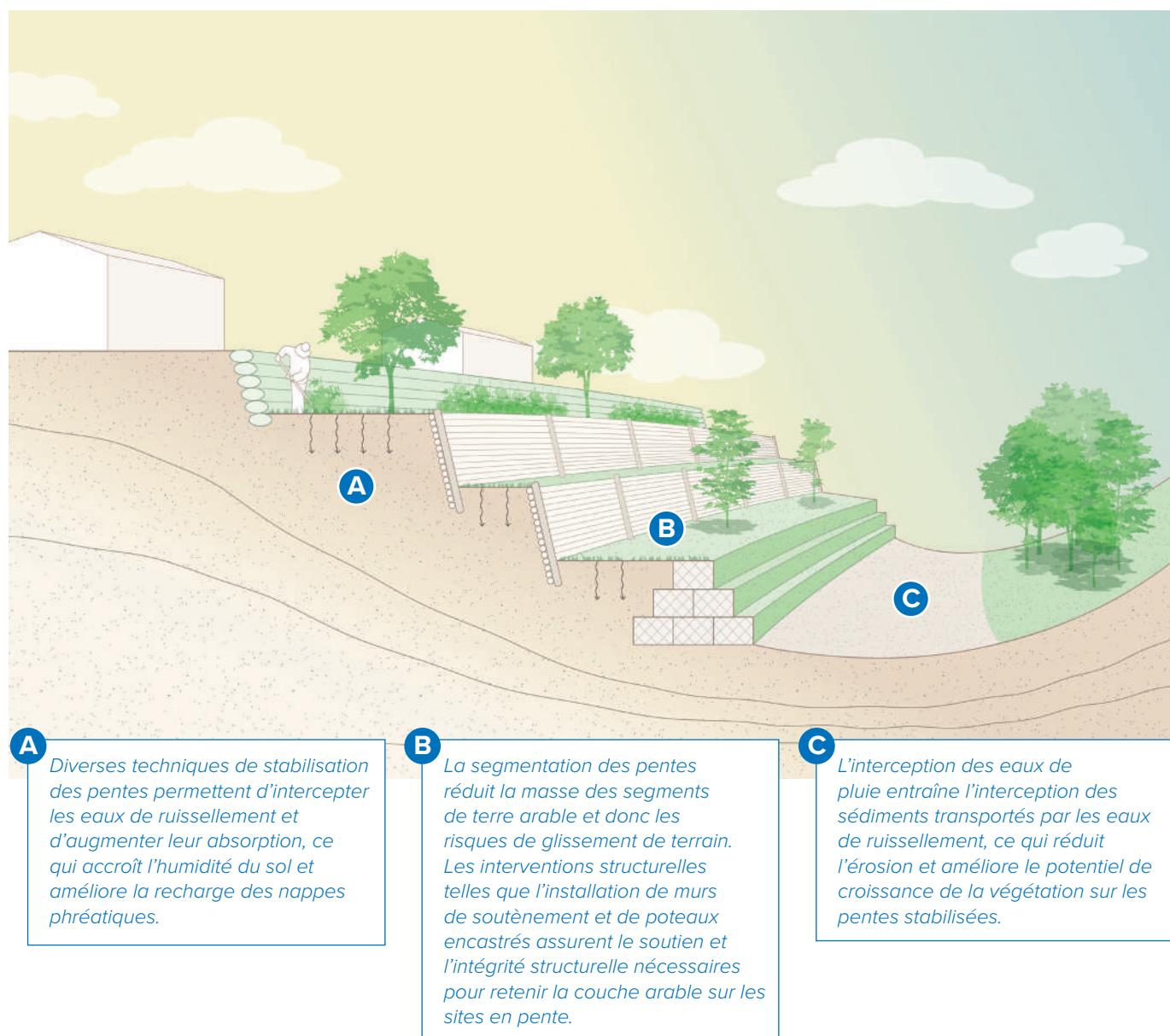
F Les systèmes racinaires (des arbres, des arbustes et des plantes herbacées), peuvent stabiliser la couche arable, prévenir l'érosion et réduire les risques de glissement de terrain. En général, planter de la végétation est une méthode adaptée pour stabiliser des pentes plus ou moins prononcées ; cependant, l'implantation et les premiers stades de croissance sont plus difficiles sur les pentes plus prononcées en raison de l'impact du ruissellement rapide sur la nouvelle végétation. Des analyses du sol et des avis techniques sont nécessaires pour déterminer les techniques de stabilisation qui conviennent à ces pentes.

5 TERRASSEMENT ET STABILISATION DES PENTES

Avantages

Les principaux avantages de la stabilisation des pentes sont la réduction des risques de glissement de terrain, la réduction des risques d'inondation et la réduction de l'érosion et, dans le cas du terrassement, l'augmentation de l'utilité des terrains en pente. Les terrasses et autres formes de stabilisation des pentes réduisent les risques de glissement de terrain car elles stabilisent les couches de terre arable : les pentes sont segmentées en zones plus petites qui présentent moins de risques de déplacement grâce à des ruptures de pentes qui peuvent intercepter des glissements de terrain avant qu'ils ne deviennent plus importants (Polster, 2003). La réduction des risques d'inondation est favorisée par l'interception et l'absorption

accrue des eaux de ruissellement. Le terrassement divise les terrains en pente en bandes horizontales, améliorant l'accessibilité et l'utilité du terrain à des fins telles que l'agriculture, qui est également favorisée par l'interception des eaux de ruissellement et des sédiments (Banque mondiale, 2021). Les terrasses et autres formes de stabilisation des pentes contribuent également à la restauration des sites car elles réduisent l'érosion et favorisent la croissance de la végétation en interceptant l'eau de pluie et les sédiments ; il convient de noter que l'érosion et la perte de végétation sont deux des effets environnementaux les plus visibles du développement d'une zone d'installation.



5 TERRASSEMENT ET STABILISATION DES PENTES



Réduction des risques d'inondation

Les terrasses et autres formes de stabilisation des pentes réduisent les risques d'inondation en augmentant l'interception et l'absorption des eaux de ruissellement, réduisant ainsi les pics de charge sur les systèmes d'évacuation des eaux. La réduction de l'érosion et la sédimentation réduisent les besoins d'entretien et améliorent la capacité des systèmes de drainage.



Réduction des risques de glissement de terrain

Les risques de glissement de terrain sont réduits en stabilisant les couches de terre arable de manière à ce que l'absorption de l'eau de pluie soit moins susceptible de provoquer le déplacement de la couche arable. La segmentation d'un terrain en pente permet de réduire la masse de chaque segment de sol de sorte que les ruptures de pente peuvent intercepter de plus petits glissements de terrain.



Réduction de l'érosion

L'interception du ruissellement des eaux de pluie et des sédiments réduit l'érosion, qui est généralement l'effet environnemental le plus visible du développement d'une zone d'installation. L'interception des sédiments fertiles par les terrasses, les clôtures vives et les clôtures en clayonnage favorise la croissance de la végétation, laquelle renforce ensuite la stabilisation de la pente.



Amélioration de l'accessibilité et de l'utilité des terres

Le terrassement des pentes en bandes de terre horizontales peut améliorer l'accessibilité et l'utilité à des fins agricoles et autres. L'interception du ruissellement des eaux de pluie et la sédimentation peuvent favoriser la croissance des cultures et d'autres plantations agricoles, qui pourront ensuite renforcer la stabilisation de la pente en protégeant la couche arable et en développant des systèmes racinaires qui fixent cette couche arable.



Restauration du site

Les terrasses et autres formes de stabilisation des pentes contribuent également à la restauration des sites car elles réduisent l'érosion et favorisent la croissance de la végétation en interceptant l'eau de pluie et les sédiments ; il convient de noter que l'érosion et la perte de végétation sont deux des effets environnementaux les plus visibles du développement d'une zone d'installation.

5 TERRASSEMENT ET STABILISATION DES PENTES

Considérations techniques

Pour choisir et concevoir une forme de stabilisation des pentes, il faut tenir compte de l'inclinaison et de la superficie de la pente, du type de sol et de la stabilité du sol, ainsi que de l'intensité des précipitations locales. La sécurité et l'intégrité structurelle des éléments de stabilisation sont essentielles, en particulier dans les situations où les murs de soutènement supportent de lourdes charges de terre, de sorte qu'une défaillance structurelle peut entraîner des glissements de terrain et causer des dommages à ceux qui utilisent les terres situées sur la pente ou en aval de celle-ci. Les systèmes de drainage en surface et souterrains, notamment les

barbacanes dans les murs de soutènement, doivent être conçus en tenant compte de la pression et de l'augmentation de la charge sur les murs de soutènement dues aux eaux souterraines. Le choix d'une forme de stabilisation des pentes doit se faire compte tenu de la disponibilité des matériaux et des compétences nécessaires à la construction, ainsi que de la durabilité de la structure résultante ; il convient de noter qu'une exposition prolongée à l'humidité et aux rayons ultraviolets (comme la lumière du soleil) compromet l'intégrité structurelle de matériaux comme les géotextiles, le bois et le bambou.



Intégrité structurelle

L'intégrité structurelle est une considération essentielle dans la sélection et la conception d'une technique de stabilisation des pentes. Des avis techniques sont nécessaires pour la conception d'un terrassement ou de toute autre forme de stabilisation dans le cadre desquels une défaillance structurelle compromettrait la sécurité des personnes présentes dans la zone, en particulier en cas de grandes charges hydrauliques d'eau de pluie qui rendent le sol (humide) plus lourd.



Géométrie

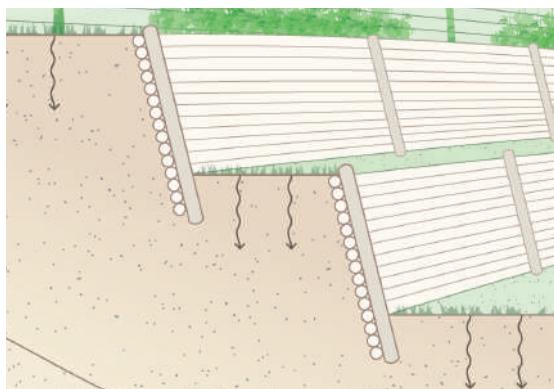
Les techniques de stabilisation des pentes doivent être sélectionnées et conçues en fonction de l'inclinaison et de la superficie du terrain en pente. La largeur des terrasses peut dépendre de l'utilisation potentielle des terres nivélées à des fins agricoles ou autres. La hauteur des terrasses dépend des murs de soutènement conçus compte tenu de la stabilité du sol, des besoins en matière de drainage et d'autres paramètres de conception structurelle. Il peut être moins approprié de planter de la végétation sur des pentes très prononcées compte tenu des difficultés à établir et à entretenir de nouvelles plantations su ce type de pente.



Géologie

Les techniques de stabilisation des pentes doivent être sélectionnées et conçues en tenant compte des caractéristiques du sol, notamment la stabilité et la capacité de drainage. Les techniques de stabilisation peu profondes, comme la plantation, les clôtures vives et les clôtures en clayonnage, sont moins appropriées lorsque la stabilité du sol est moindre. En ce qui concerne le terrassement, la conception structurelle des murs de soutènement doit tenir compte de la capacité d'absorption et de l'expansion du sol (liée à la teneur en argile), qui ont une incidence sur les charges structurelles.

5 TERRASSEMENT ET STABILISATION DES PENTES



Durabilité

Au fil du temps, la dégradation des matériaux utilisés pour stabiliser une pente affecte les performances structurelles et la sécurité des zones situées en amont et en aval de la pente et sur la pente. Les matériaux comme le bambou et autres branches, ainsi que les géotextiles utilisés dans les techniques de stabilisation des pentes, se dégradent au fil du temps sous l'effet de l'humidité et de la lumière du soleil. Une inspection et un entretien réguliers sont nécessaires pour garantir l'intégrité structurelle et la sécurité de l'installation.



Plantation

La plantation est un élément important dans plusieurs techniques de stabilisation. Les systèmes racinaires de la végétation pénètrent dans le sol et le fixent, ce qui permet une stabilité durable de la pente, qui augmente à mesure que ces systèmes racinaires s'étendent. Les espèces végétales doivent être sélectionnées en tenant compte des conditions locales, du potentiel de stabilisation (c'est-à-dire des caractéristiques des racines) et de leurs besoins d'entretien. La plantation peut avoir un effet stabilisateur limité pendant les premiers stades de la croissance, lorsque les besoins d'entretien et d'arrosage sont plus importants.

Entretien

Il est important d'inspecter et d'entretenir régulièrement un pente stabilisée. L'étendue et la régularité des inspections dépendent des risques de sécurité associés à une défaillance structurelle, notamment les risques pour les personnes qui utilisent les terres situées en amont et en aval de la pente et sur la pente. Les besoins d'entretien varient en fonction de la durabilité des matériaux utilisés, les matières organiques comme le bambou et les branches se dégradant et devant être remplacés au fil du temps. La végétation plantée peut nécessiter un arrosage et d'autres opérations d'entretien, en fonction des espèces, les besoins d'entretien étant généralement plus importants lors des premiers stades de la croissance. L'accès aux sites en pente à des fins d'inspection et d'entretien doit être pris en compte lors de la sélection et de la conception des techniques de stabilisation.

Coûts

Les coûts d'établissement ou de construction des installations de stabilisation des pentes varient selon les techniques utilisées. En ce qui concerne les terrassements nécessitant une excavation importante, l'utilisation de machines peut s'avérer appropriée. Cependant, la main-d'œuvre est généralement une composante importante des coûts de stabilisation des pentes, notamment la main-d'œuvre employée pour l'excavation, la plantation et la construction de murs de soutènement, de clôtures en clayonnage et d'autres éléments structurels. L'emploi de main-d'œuvre pour la stabilisation des pentes peut contribuer à offrir des moyens de subsistance supplémentaires.

Les coûts d'entretien varient aussi en fonction des techniques de stabilisation utilisées et des conditions locales. L'entretien des plantations au début de leur croissance, notamment l'arrosage dans les endroits difficiles d'accès, peut représenter une part importante des coûts d'entretien initiaux. Les coûts d'inspection et d'entretien des éléments structurels doivent être pris en compte lors de la planification et de la conception, car toute défaillance structurelle peut présenter des risques pour la sécurité.

5 TERRASSEMENT ET STABILISATION DES PENTES

Kutupalong, Bangladesh

Depuis 2018, le terrassement est largement utilisé dans le camp de Kutupalong (Bangladesh). Diverses techniques ont été mises au point pour s'adapter aux conditions locales, en associant les communautés locales et en développant des compétences et une expertise. Le terrassement a permis de faire face à d'importants risques de glissement de terrain, d'inondation et d'érosion. Ce faisant, le terrassement et autres formes de stabilisation des pentes ont permis d'étendre la superficie des terres accessibles en toute sécurité dans les zones d'installation.

Pour plus d'informations :

Inter Sector Coordination Group, 2022. Cox's Bazaar Site Improvement Catalogue 2.0. IOM, Bangladesh.



Terrassement en géotubes. *Inter-Sector Coordination Group, 2022*



Terrassement en géotubes. *Inter-Sector Coordination Group, 2022*



Murs-caisson en bambou. *Inter-Sector Coordination Group, 2022*



Murs-caisson en bambou. *Inter-Sector Coordination Group, 2022*

5 TERRASSEMENT ET STABILISATION DES PENTES

Principaux enseignements à retenir

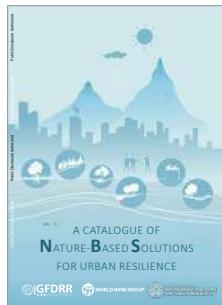
Le terrassement et autres formes de stabilisation des pentes sont des interventions importantes qui permettent de réduire les risques de glissement de terrain, les risques d'inondation et l'érosion, et de disposer de davantage de terres utiles sur les sites en pente.

Le terrassement et la stabilisation des pentes peuvent contribuer à la préservation et à la restauration des sites car ils participent au contrôle de l'érosion, à l'interception des sédiments et à l'augmentation de l'infiltration des eaux souterraines.

Il existe un large éventail de techniques de stabilisation des pentes, qui doivent être sélectionnées en fonction des conditions locales, notamment l'inclinaison de la pente, les caractéristiques du sol et les précipitations.

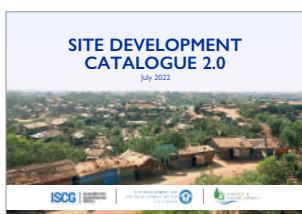
Le choix, la conception et la construction de terrasses ou d'autres techniques de stabilisation des pentes doivent s'appuyer sur des avis en génie structurel afin de garantir la sécurité de ceux qui utilisent les terres en amont et en aval de la pente et sur la pente.

Lectures complémentaires



World Bank (Banque mondiale), 2021. A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience. World Bank Group, Washington, D.C.

Ce rapport de la Banque mondiale fournit une description générale des SfN, une justification complète de l'intégration de ces solutions dans les environnements urbains et un catalogue qui décrit les caractéristiques, les avantages et les directives techniques pour la mise en œuvre d'un éventail de SfN, parmi lesquelles le terrassement. Il traite des SfN dans des environnements urbains formels, principalement des villes bien développées. Néanmoins, un grand nombre de caractéristiques, d'avantages et de directives techniques sont pertinents pour les environnements urbains moins développés, notamment les zones d'installations de populations déplacées.



Inter Sector Coordination Group, 2022. Cox's Bazaar Site Improvement Catalogue 2.0. IOM, Bangladesh.

Ce catalogue, publié par l'Organisation internationale pour les migrations, présente une série d'interventions de développement de sites mises en œuvre dans les zones d'installation de Cox's Bazar (Bangladesh). Chaque intervention de développement de site est présentée avec des informations techniques détaillées, notamment des dessins et des photos. Une série de techniques de terrassement et de stabilisation des pentes y sont présentées.



Polster, D.F. 2008. Soil bioengineering for land restoration and slope stabilization. Course material for training professional and technical staff. Polster Environmental Services. Duncan, Colombie-Britannique

Ces supports de formation fournissent des conseils techniques détaillés sur les différentes formes de stabilisation des pentes, notamment des dessins détaillés et des paramètres de conception relatifs aux caractéristiques des pentes et aux différentes techniques de stabilisation.

6 ARBRES ET FORESTERIE

Description

Les arbres sont des éléments importants de l'environnement urbain. Dans ce contexte, les forêts urbaines peuvent être définies comme des réseaux dispersés d'arbres isolés et de groupes d'arbres répartis dans une zone urbaine (Salbitano *et al.*, 2016). La foresterie dans les zones d'installation englobe donc la plantation groupée d'un grand nombre d'arbres dans des espaces définis ainsi que la plantation dispersée d'arbres isolés ou de petits groupes d'arbres. Elle comprend également le boisement aux limites de la zone d'installation et dans les zones environnantes.

Les conditions qui prévalent dans les zones d'installation rendent souvent la foresterie difficile. Dans les situations où la rareté de l'eau est un problème pour le fonctionnement de la zone d'installation, la foresterie peut ne pas être adaptée au contexte en raison des besoins supplémentaires en eau. Les besoins en matière de protection et d'entretien des arbres pendant les premiers stades de croissance peuvent être difficiles à satisfaire dans les zones d'installation, compte tenu des dommages que les personnes et les animaux peuvent causer aux jeunes arbres. En outre, étant donné le délai relativement long nécessaire à la croissance d'un arbre par rapport au cycle de vie des zones d'installation, dans de nombreux cas, les avantages offerts aux réfugiés et aux déplacés internes peuvent être limités.

Applicabilité

Si l'on choisit des espèces adaptées et que les besoins en protection, en arrosage et en entretien sont satisfaits, les arbres peuvent s'établir dans la plupart des environnements. La disponibilité d'eau en quantité suffisante peut être le facteur limitant le plus important pour la foresterie urbaine dans le cadre d'opérations de déplacement. Le choix d'espèces d'arbres adaptées peut optimiser la consommation d'eau. Néanmoins, l'arrosage est essentiel, en particulier pendant les premiers stades de la croissance.



Pépinière du camp de réfugiés de Kutupalong (Bangladesh). © UNHCR/Susan Hopper

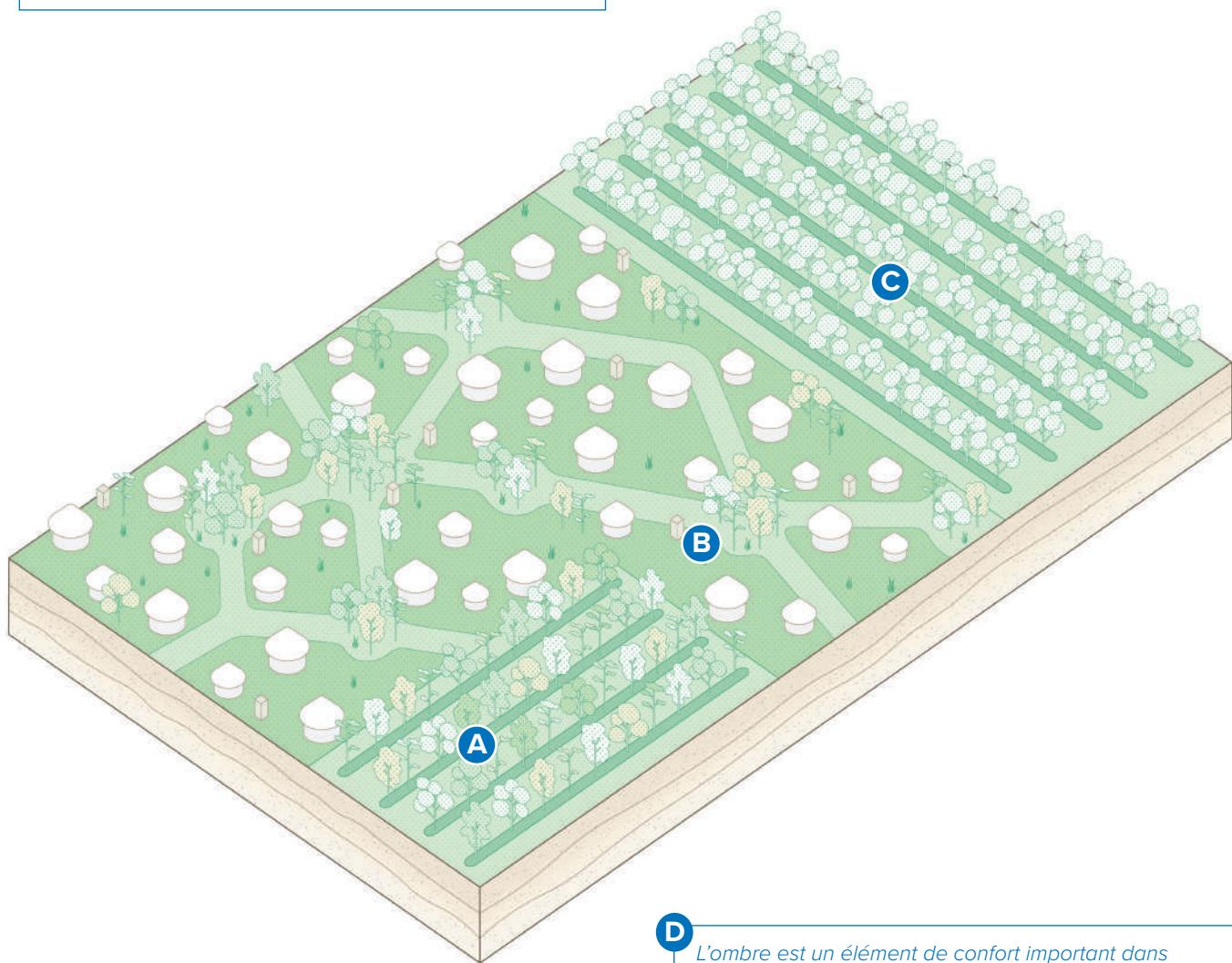
6 ARBRES ET FORESTERIE

A

La plantation groupée d'arbres permet d'optimiser les besoins d'arrosage, de protection et d'entretien. Les espaces ouverts utilisés pour les sports et les loisirs dans les zones d'installation peuvent ne pas se prêter à une plantation dense d'arbres. Toutefois, des terres vides destinées à la foresterie peuvent être intégrées dans la planification de la zone d'installation. Les terres réservées aux coupe-feu peuvent être utilisées pour la plantation d'arbres dispersés, mais il faut tenir compte des effets sur la sécurité incendie.

B

Des plantations dispersées peuvent être aménagées dans les espaces publics et privés de la zone d'installation en tenant compte des besoins en eau et en protection. Des plantations dispersées situées à des intervalles réguliers peuvent être prévues dans la planification hiérarchique, par exemple des espaces plantés d'arbres au sein d'unités communautaires ou d'îlots.



C

Les alentours des zones d'installation peuvent se prêter à la foresterie, en tirant profit des ressources disponibles et des modalités de gouvernance mises en place pour améliorer les écosystèmes au-delà des limites de ces zones. Les plantations d'arbres protégés peuvent constituer une frontière perméable qui définit les limites de la zone d'installation tout en maintenant les liens avec les zones environnantes.

D

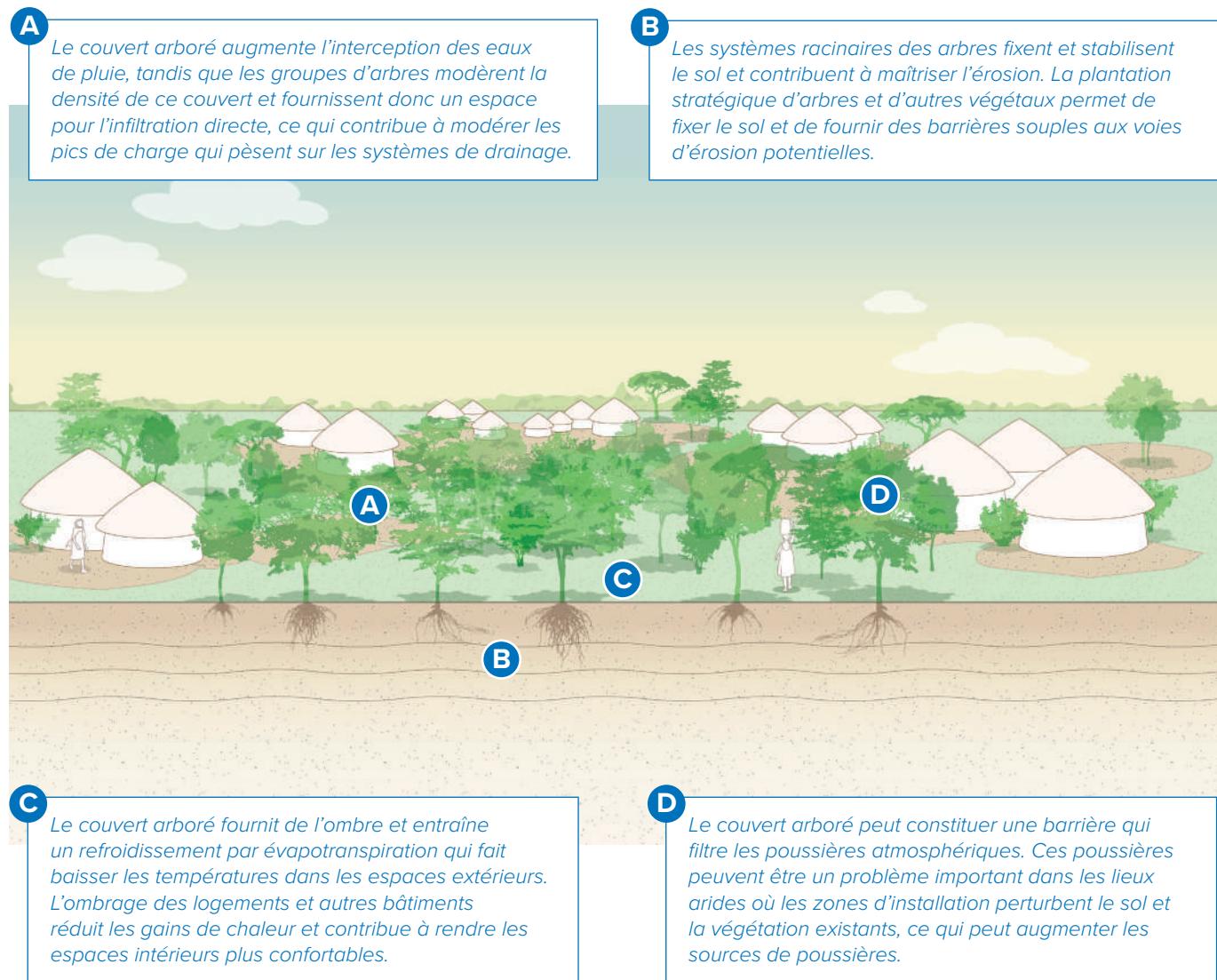
L'ombre est un élément de confort important dans les climats chauds, en particulier dans les situations où la conception des logements amplifie les températures extérieures et rend les conditions de vie en intérieur inconfortables. L'ombre permet d'utiliser les espaces extérieurs par temps chaud, d'étendre l'espace communautaire utile des zones d'installation et de favoriser les interactions sociales. L'ombre contribue à la résilience climatique dans le contexte de l'augmentation des températures et du stress thermique.

6 ARBRES ET FORESTERIE

Avantages

Les forêts urbaines, qu'il s'agisse d'arbres isolés ou des groupes d'arbres, offrent toute une série d'avantages environnementaux et sociaux. Les arbres contribuent à rendre l'environnement urbain plus agréable et plus esthétique, ce qui peut contrebalancer la forme urbaine monotone que présentent souvent les zones d'installation planifiées selon un modèle en grille et des logements identiques. Le couvert arboré intercepte l'eau de pluie et fournit de l'ombre, ce qui contribue à réduire les risques d'inondation et de stress thermique (Banque mondiale,

2021). L'ombre des arbres permet également d'offrir un espace extérieur confortable, ce qui présente des avantages sur les plans social et de la santé humaine. Les systèmes racinaires des arbres améliorent la stabilité du sol et l'accès aux eaux souterraines. Au-delà des avantages immédiats, la foresterie urbaine pendant le développement d'une zone d'installation peut contribuer à la restauration de l'écosystème à plus long terme et, donc, apporter des avantages qui dépassent les limites de la zone.



6 ARBRES ET FORESTERIE



Réduction des risques d'inondation

Les arbres et les forêts urbaines contribuent à la réduction des risques d'inondation car ils atténuent les charges qui pèsent sur les systèmes de drainage, notamment les infrastructures grises et les solutions de drainage sur la nature. Plus précisément, l'interception des eaux de pluie par les arbres et l'augmentation de l'infiltration de l'eau dans le sol peuvent réduire les pics de charge hydraulique.



Réduction de l'érosion

Grâce à la stabilisation du sol et à l'interception et l'absorption des eaux de pluie, les arbres et les forêts urbaines peuvent réduire l'érosion des sols (en particulier sur des terrains à faible pente), qui est souvent l'un des effets environnementaux les plus visibles du développement d'une zone d'installation. En général, les activités de boisement peuvent protéger contre divers risques naturels, notamment les glissements de terrain et les chutes de pierres.



Réduction du stress thermique

Les arbres et les forêts urbaines peuvent réduire le stress thermique en faisant baisser les températures dans les espaces extérieurs grâce à l'ombrage et à la modération des effets d'îlot de chaleur produits par les bâtiments et les surfaces pavées. La réduction de la chaleur dans les espaces extérieurs est particulièrement importante dans les situations où la conception des logements entraîne des conditions intérieures excessivement chaudes.



Interaction sociale

L'ombre fournie par les arbres et les forêts urbaines permet d'offrir des espaces publics extérieurs confortables qui favorisent les interactions sociales. Les arbres peuvent délimiter des espaces extérieurs communs, en particulier dans les climats chauds, où le mode de conception des logements entraîne des conditions intérieures excessivement chaudes.



Santé publique

Les arbres et les forêts urbaines peuvent contribuer à la santé physique et mentale. La régulation des poussières atmosphériques par le couvert arboré peut contribuer à réduire les problèmes respiratoires et autres problèmes de santé liés à la poussière. L'augmentation des interactions sociales et le contact avec des environnements naturels peut contribuer à améliorer la santé mentale, en particulier dans les zones fortement bâties et densément peuplées.



Restauration du site

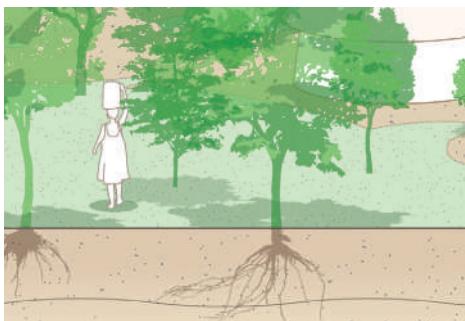
La foresterie urbaine peut constituer la première étape d'un processus de restauration du site qui se poursuivra pendant le fonctionnement de la zone d'installation. La plantation d'arbres peut compenser la perte de végétation, qui est souvent un effet environnemental très visible des zones d'installation. Les arbres plantés pendant la période de fonctionnement d'une zone d'installation continuent de fournir des services écosystémiques et des avantages aux communautés d'accueil au-delà de la durée de vie de la zone.

6 ARBRES ET FORESTERIE

Considérations techniques

Les considérations techniques relatives aux arbres et aux forêts urbaines ont généralement trait à la mise en place de conditions appropriées pour la croissance des arbres ; ces considérations sont particulièrement importantes pendant les premiers stades de la croissance, lorsque les arbres sont moins robustes et plus exposés aux risques. Les conditions requises pour une implantation et une croissance réussies des arbres diffèrent en fonction des

espèces et des conditions locales telles que le climat et les caractéristiques du sol. Les connaissances locales des communautés d'accueil peuvent constituer une ressource précieuse lors de la planification d'initiatives de foresterie urbain, notamment en ce qui concerne le choix des espèces, les modalités de culture des jeunes arbres et la planification de la protection, de l'arrosage et de l'entretien.



Eau

La disponibilité en eau est une considération essentielle et une limite potentielle à la plantation d'arbres et à la foresterie à l'intérieur et autour des zones d'installation. Les besoins en eau peuvent être optimisés grâce à une sélection appropriée des espèces, mais ces besoins varient en fonction d'autres conditions, notamment les conditions pédologiques et climatologiques. La disponibilité en eau (précipitations et eaux souterraines) doit être évaluée afin de déterminer s'il est possible de boiser un site.



Sélection des espèces

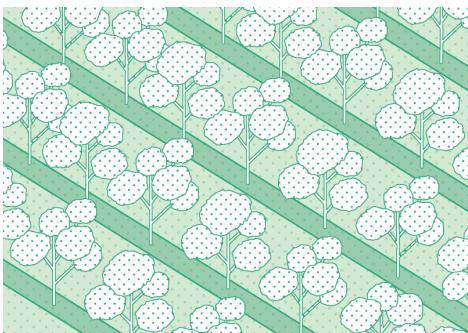
La sélection des espèces doit tenir compte de la disponibilité en eau, des conditions pédologiques et climatologiques du site, ainsi que du rythme de croissance des arbres, de leur tolérance à la sécheresse, des caractéristiques de leur couvert et de leurs racines et des besoins en matière de protection. Les espèces d'arbres locales peuvent être les mieux adaptées aux conditions de l'écosystème local. En général, mélanger des espèces ayant des rythmes de croissance différents et différentes espèces locales favorise l'implantation de la forêt et améliore la résilience.



Pente et conditions du sol

Les caractéristiques du sol, notamment l'épaisseur de la couche arable, la qualité structurelle, l'acidité et le degré de compactage, doivent être évaluées afin de garantir des conditions de croissance appropriées. Les arbres peuvent contribuer à stabiliser le sol sur les sites en pente. Cependant, les sites en pente et l'eau de pluie peuvent poser problème lors des premiers stades de croissance des arbres.

6 ARBRES ET FORESTERIE



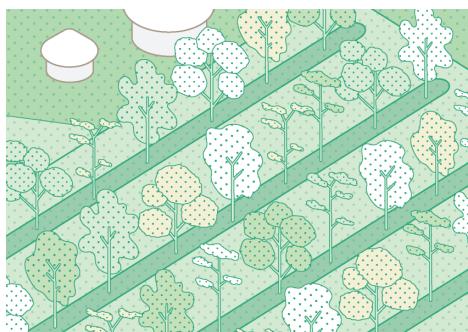
Production de jeunes arbres

Greffer un arbre, faire pousser les jeunes plants résultants en pépinière et planter ensuite de jeunes arbres en bonne santé permet d'augmenter le rythme de croissance des arbres. La création d'une pépinière peut être intégrée à d'autres activités de subsistance ou d'agriculture urbaine.



Protection des arbres

Les arbres risquent fort d'être endommagés par les humains et les animaux, notamment le bétail en liberté, en particulier pendant les premiers stades de croissance. Il peut être nécessaire de les protéger jusqu'à ce qu'ils soient solidement installés.



Plantation saisonnière

Les jeunes plants et les semis doivent être plantés à la bonne période de l'année pour garantir que les conditions (température, ensoleillement, précipitations et humidité du sol) sont appropriées pour favoriser leur établissement initial. La période saisonnière adéquate pour planter varie en fonction des espèces et des conditions locales. Les communautés d'accueil peuvent être des sources utiles de connaissances pour la sélection des espèces et le calendrier de plantation.

Entretien

Les besoins d'entretien varient selon les espèces et les conditions locales. L'arrosage est généralement l'opération d'entretien la plus importante. Les calendriers d'arrosage doivent être établis en fonction des espèces d'arbres et des conditions locales. Un arrosage abondant peut être nécessaire pendant plusieurs années avant que les arbres ne soient bien installés, puis il peut être réduit ou supprimé. L'élagage saisonnier maintient les arbres en bonne santé et favorise leur croissance. Des mesures de protection telles que des clôtures peuvent également nécessiter un entretien jusqu'à ce que les arbres soient solidement installés.

Coûts

Les coûts initiaux de plantation et les coûts d'entretien sont tous deux des éléments importants du coût global de la plantation d'arbres et de la foresterie urbaine. Les coûts initiaux de plantation comprennent les coûts de production des jeunes plants, qui peuvent inclure les coûts de création d'une pépinière pour la culture de ces plants (par exemple dans le cadre d'activités de subsistance ou d'agriculture urbaine), ainsi que les coûts associés aux éléments de protection. Les coûts de plantation initiale comprennent également la main-d'œuvre pour la plantation des jeunes arbres et des semis et pour la mise en place des éléments de protection. Les coûts d'entretien courant sont principalement constitués des coûts de main-d'œuvre pour l'arrosage régulier et d'autres travaux d'entretien tels que l'élagage et l'entretien des éléments de protection.

6 ARBRES ET FORESTERIE

Zone d'installation de Minawao (Cameroun)

Dans le campement de Minawao, au Cameroun, des réfugiés nigérians soutenus par le HCR, l'ONG française de développement ADES et la Fédération luthérienne mondiale ont planté plus de 400 000 arbres sur 100 hectares depuis 2017. Les quelques forêts de Minawao ont été rapidement dépolluées par les réfugiés ayant fui le conflit au Nigéria. Plusieurs espèces d'arbres ont ensuite été plantées à Minawao et dans les environs (cassia, margousier, acacia, moringa, anacardier et leucaena). La plupart d'entre elles sont résistantes à la sécheresse, et leurs branches peuvent être taillées et utilisées comme combustible. Certaines de leurs feuilles sont également utilisées comme médicaments, aliments ou engrains.

[Pour plus d'informations :](#)



Jeunes arbres dans la pépinière de Minawao. © UNHCR/
Caroline Irby



Des réfugiées plantent des arbres à Minawao. © UNHCR/
Caroline Irby



Plantation d'arbres à Minawao. © UNHCR/Caroline Irby

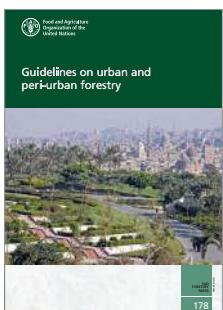
Principaux enseignements à retenir

Les initiatives de foresterie dans les zones d'installation peuvent consister en des réseaux d'arbres dispersés (arbres isolés dispersés, petits groupes d'arbres ou plantations plus importantes).

Les arbres offrent toute une série d'avantages comme le contrôle de l'érosion, la réduction du risque de stress thermique et la création d'un espace extérieur confortable et propice aux interactions sociales. Ils contribuent également à la restauration du site à plus long terme.

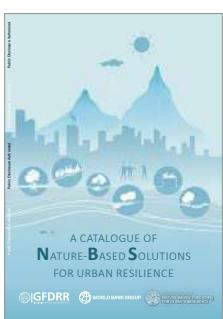
Ils ont des besoins importants en matière d'arrosage, de protection et d'entretien qui doivent être pris en compte lors de la planification des initiatives de foresterie. Les stratégies de plantation doivent mettre l'accent sur les espèces locales et intégrer la production locale de jeunes arbres.

Lectures complémentaires



Salbitano, F., Borelli, S., Conigliaro, M., Chen, Y., 2016. Guidelines on urban and peri-urban forestry. FAO, Rome.

Ce rapport publié par la FAO fournit une explication détaillée des questions liées à la foresterie en milieu urbain et des directives relatives à la mise en œuvre d'initiatives de foresterie urbaine. Bien que le rapport ne traite pas spécifiquement des établissements urbains informels ni des situations de déplacement, ses explications détaillées sur la foresterie urbaine sont tout à fait pertinentes.



World Bank (Banque mondiale), 2021. A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience. World Bank Group, Washington, D.C.

Ce rapport de la Banque mondiale fournit une description générale des SfN, une justification complète de l'intégration de ces solutions dans les environnements urbains et un catalogue qui décrit les caractéristiques, les avantages et les directives techniques pour la mise en œuvre d'un éventail de SfN, parmi lesquelles les arbres et la foresterie urbaine. Il traite des SfN dans des environnements urbains formels, principalement des villes bien développées. Néanmoins, un grand nombre de caractéristiques, d'avantages et de directives techniques sont pertinents pour les environnements urbains moins développés, notamment les zones d'installations de populations déplacées.

7 AGRICULTURE URBAINE

Description

L'agriculture urbaine englobe un large éventail d'activités agricoles, notamment les cultures et l'élevage de bétail, qui peuvent s'adapter aux contraintes des contextes urbains. Les cultures peuvent inclure des fruits, des légumes et autres végétaux. L'élevage dans les zones d'installation peut comprendre des poulets, des chèvres, des porcs et des vaches. Pour les personnes déplacées venant de zones rurales, l'agriculture urbaine dans les zones d'installation peut supposer la poursuite de leurs pratiques, bien que modifiées en réponse aux problèmes posés par le déplacement.

L'agriculture en milieu urbain peut être pratiquée à différentes échelles et en utilisant différentes techniques agricoles. Par exemple, la culture peut être entreprise par des familles sur des parcelles individuelles, ou par la communauté dans des espaces communs plus vastes. Les techniques employées reflètent les formes d'agriculture, les conditions environnementales et les

pratiques agricoles normales des lieux d'origine des populations déplacées et de la zone d'implantation locale. Les communautés vivant à l'intérieur et autour des zones d'installation constituent une source d'information importante pour la planification des activités d'agriculture urbaine.

La disponibilité en eau et les modalités de gouvernance sont des éléments importants à prendre en compte lors de la planification d'activités d'agriculture urbaine. Dans les situations de pénurie d'eau actuelle ou potentielle, il convient d'examiner attentivement les besoins en eau des différentes espèces végétales et animales au fil du temps pour bien choisir les espèces appropriées. La valeur économique potentielle des produits agricoles exige également un examen minutieux des questions de gouvernance, notamment la gestion des produits, l'accès aux produits et les droits sur les produits.

Applicabilité

L'agriculture peut être pratiquée dans un large éventail d'écosystèmes, dans des conditions pédologiques et climatologiques différentes, avec des végétaux, des animaux et des techniques agricoles adaptés aux conditions locales. La disponibilité en eau pour l'irrigation est peut-être le principal facteur limitant de l'agriculture urbaine dans les zones d'installation, étant donné que les besoins en eau pour l'agriculture sont saisonniers et augmenteront avec le temps si la superficie des terres cultivées s'accroît. Les connaissances et compétences agricoles de la population installée constituent un autre facteur important. L'agriculture urbaine peut être pratiquée dans des zones communes désignées, ou de façon dispersée dans de petits jardins familiaux lorsque les parcelles familiales individuelles disposent d'un espace extérieur suffisant et d'un accès à la lumière du soleil.



Culture hydroponique à Azzraq. © UNHCR/Hamzeh Al-Momani



Culture de légumes à Kutupalong. © UNHCR/Fahima Tajrin

7 AGRICULTURE URBAINE

A

Les familles peuvent créer des jardins individuels lorsque la taille et la configuration des parcelles familiales offrent un espace suffisant avec accès à l'eau et à la lumière du soleil. Un jardin familial peut offrir plus d'autonomie et de sécurité pour la production agricole.

B

Des jardins communs de différentes tailles peuvent être intégrés dans la planification de la zone d'installation. De grands jardins peuvent permettre d'améliorer l'efficacité et la productivité des techniques agricoles, mais des modalités de gouvernance appropriées sont nécessaires pour l'allocation de l'espace et des autres ressources, ainsi que pour la distribution des produits agricoles.

C

Les plates-bandes surélevées peuvent être adaptées aux jardins familiaux et communaux à différentes échelles. Elles peuvent être utilisées lorsque les conditions locales du sol ne sont pas propices à la culture. Elles se réchauffent plus rapidement que le sol naturel, ce qui permet d'allonger la durée des saisons de culture. Cependant, elles ne retiennent généralement pas l'humidité aussi bien que le sol naturel et peuvent donc avoir besoin d'une irrigation plus abondante.



D

La culture d'un sol naturel nécessite une couche arable adéquate, notamment en ce qui concerne la salinité et les propriétés de drainage. Les conditions de la couche arable peuvent être adaptées au fil du temps grâce à l'irrigation et à l'ajout de matières organiques, par exemple au moyen du compostage.

E

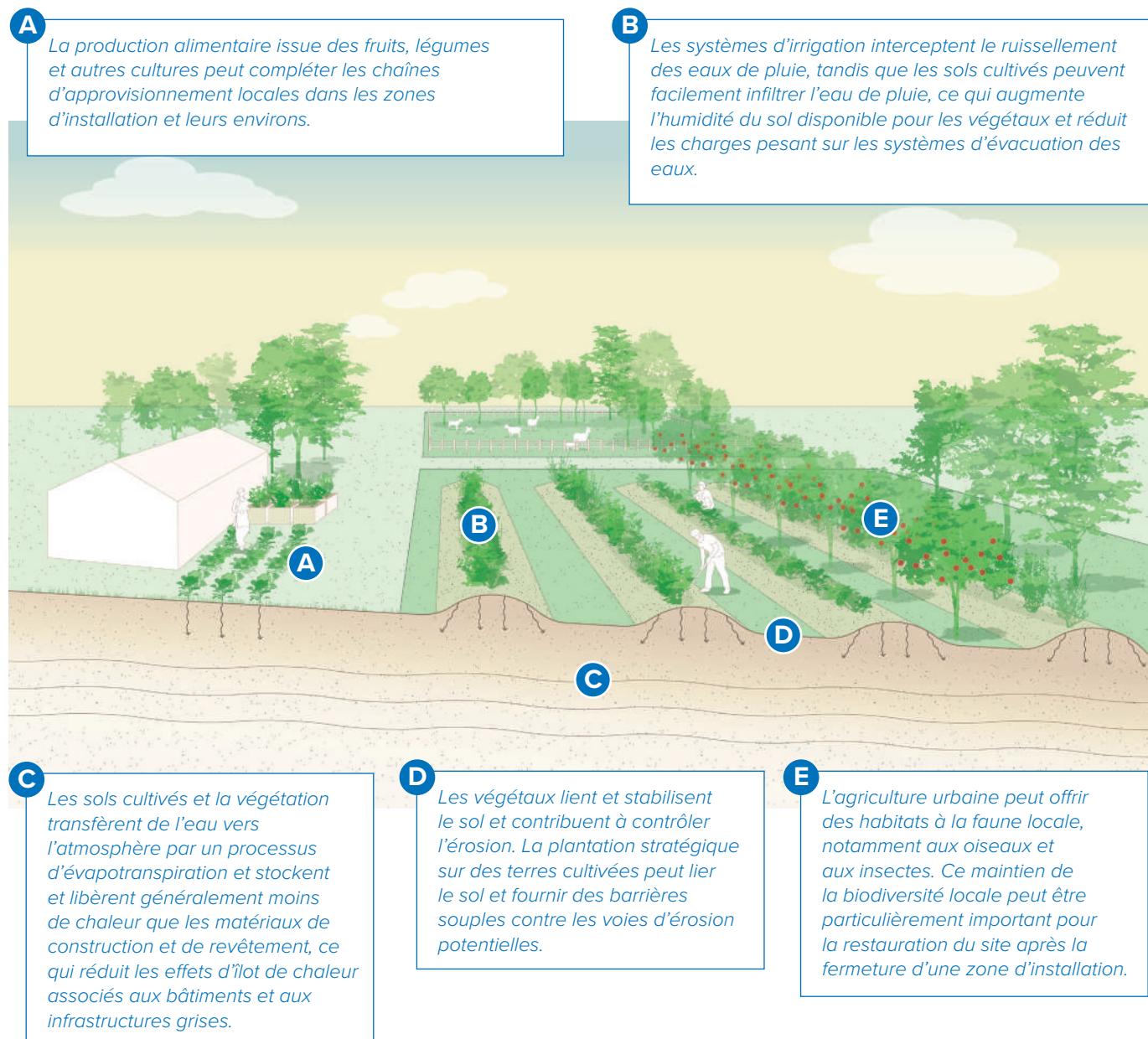
L'élevage peut être un élément conventionnel des moyens de subsistance des familles déplacées. Le bétail peut présenter des risques environnementaux et sanitaires, qui doivent être soigneusement pris en compte lors de la planification d'activités d'agriculture urbaine.

7 AGRICULTURE URBAINE

Avantages

L'agriculture urbaine contribue à la sécurité alimentaire et aux moyens de subsistance tout en favorisant l'interaction sociale et la poursuite de pratiques culturelles habituelles. En outre, les cultures peuvent contribuer à l'atténuation des risques d'inondation et au contrôle de l'érosion en améliorant l'absorption des eaux souterraines et en tirant parti du ruissellement des eaux de pluie (Banque

mondiale, 2021). Aux côtés de ses nombreux avantages, l'élevage peut, quant à lui, avoir des conséquences négatives comme les dommages causés à la végétation par le pâturage et le risque d'aggravation de l'érosion. L'ampleur et l'intensité potentielles de l'agriculture urbaine, ainsi que les risques environnementaux qu'elle peut poser, doivent être soigneusement étudiés.





Sécurité alimentaire

En général, l'agriculture urbaine à l'intérieur des zones d'installation ne permet pas de produire suffisamment pour répondre à l'importante demande de nourriture, mais les jardins familiaux et communs peuvent assurer la sécurité alimentaire des familles et contribuer à l'amélioration de la nutrition.



Moyens de subsistance et sécurité économique

La production de nourriture et de bétail pour la vente peut permettre aux personnes déplacées d'utiliser leurs connaissances agricoles, leurs compétences et leur travail pour assurer des moyens de subsistance à leur famille.



Interaction sociale

Les jardins communs fournissent une structure qui favorise la participation active de la communauté et les interactions sociales. Le jardinage nécessite une coopération qui est à même de renforcer la cohésion sociale en ce qu'elle incite directement à la poursuite d'avantages mutuels.



Santé publique

L'agriculture urbaine peut contribuer l'amélioration de la santé physique et mentale, à la production locale de denrées alimentaires et à l'amélioration de la nutrition. L'augmentation des interactions sociales et la participation à des activités de jardinage communes peuvent contribuer à améliorer la santé mentale, en particulier dans les zones d'installation fortement urbanisées et densément peuplées.



Réduction des risques d'inondation

L'agriculture urbaine peut contribuer à limiter les risques d'inondation en réduisant les taux et les volumes de ruissellement. Plus précisément, l'interception des eaux de pluie par les systèmes d'irrigation et l'évapotranspiration produite par les cultures et autres végétaux peuvent réduire les pics de charge pesant sur le système d'évacuation des eaux.

7 AGRICULTURE URBAINE

Considérations techniques



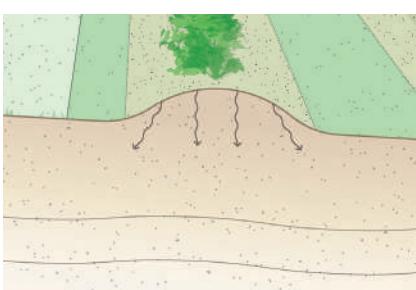
Disponibilité en eau

La disponibilité en eau pour l'irrigation est peut-être le principal facteur limitant de l'agriculture urbaine dans les zones d'installation, étant donné que les besoins en eau pour l'agriculture sont saisonniers et augmenteront avec le temps si la superficie des terres cultivées s'accroît. Les besoins en irrigation doivent être planifiés en tenant compte des conditions du sol, des formes de culture et des variations saisonnières.



Gouvernance

Les modalités de gouvernance des jardins communs doivent clairement répartir les droits et les responsabilités en matière d'accès à la terre, à l'eau et aux autres ressources, et prévoir une méthode adéquate de conservation des produits. Un comité communautaire peut constituer un mécanisme efficace et équitable pour gérer les jardins communs et les ressources associées.



Caractéristiques du sol

Les conditions de la couche arable doivent être adaptées à la culture d'un sol naturel, notamment en ce qui concerne la salinité et les propriétés de drainage. Les conditions de la couche arable peuvent être adaptées au fil du temps grâce à l'irrigation et à l'ajout de matières organiques, par exemple au moyen du compostage. Lorsque les conditions locales du sol ne conviennent pas, il est possible d'utiliser des plates-bandes surélevées avec des sols adéquats.



Techniques agricoles

Les techniques agricoles comprennent différents systèmes d'irrigation et modèles d'arrosage, la formation des plates-bandes, les techniques de taille, la rotation des cultures, l'utilisation d'engrais, etc. Les techniques employées reflètent les formes d'agriculture, les conditions environnementales et les pratiques agricoles normales des lieux d'origine des populations déplacées et de la zone d'implantation locale. L'utilisation d'engrais et d'autres nutriments devrait permettre d'éviter la pollution des plans d'eau. Les communautés vivant dans les zones d'installation et autour de celles-ci constituent une source importante d'informations sur les techniques agricoles appropriées.



Calendrier saisonnier

L'agriculture est saisonnière ; les niveaux d'intervention qu'elle requière et les volumes de production qu'elle peut générer sont différents selon les périodes de l'année. La planification des activités de jardinage urbain doit tenir compte des besoins à chaque saison afin d'optimiser l'utilisation des ressources et la production. Outre la saisonnalité, il convient de tenir compte du fait que les arbres fruitiers et d'autres plantes tardent plusieurs années à se développer.

Entretien

Les besoins d'entretien en matière d'agriculture urbaine varient selon les formes d'agriculture. Pour les cultures, après la plantation, les besoins d'entretien (tels que l'arrosage, le désherbage, la taille et la récolte) varient en fonction du type de plante, légume, fruit, etc. Les éléments structurels comme les systèmes d'irrigation et les treillis doivent également faire l'objet d'un entretien régulier. En ce qui concerne l'élevage, au-delà des soins dont a besoin le bétail, il peut falloir entretenir des clôtures et d'autres installations d'appui. L'agriculture est généralement une activité à forte intensité de main-d'œuvre ; les besoins d'entretien doivent être soigneusement pris en compte lors de la planification des activités d'agriculture urbaine.

Coûts

L'agriculture urbaine peut entraîner des coûts initiaux et d'entretien importants. La main-d'œuvre, généralement fournie par les bénéficiaires des produits, serait autrement une composante importante des coûts. La préparation initiale de la terre pour la culture, notamment dans les plates-bandes surélevées, peut entraîner des coûts importants. En général, le bétail implique des coûts initiaux élevés. Les coûts de l'agriculture sont généralement censés être compensés par la valeur des produits obtenus.

Zone d'installation de Dormiz 1, Iraq

Dans le camp de réfugiés de Dormiz 1, dans la région du Kurdistan, au nord de l'Iraq, de nombreux réfugiés ont créé des jardins sur des parcelles familiales. Ces jardins familiaux sont adaptés aux ressources en eau limitées disponibles dans le camp. Un jardin communautaire a aussi été créé avec le soutien de l'ONG Lemon Tree Trust. Il abrite des cultures de fruits et de légumes ainsi qu'un élevage de poulets et de lapins. Les recettes de la vente des produits permettent de couvrir les coûts de création et d'entretien du jardin.

[Pour plus d'informations :](#)



© Dirk Van Vissler



© Kastro Yosef/The Lemon Tree Trust



© Dirk Van Vissler



© Dirk Van Vissler

7 AGRICULTURE URBAINE

Principaux enseignements à retenir

L'agriculture urbaine peut englober un large éventail de cultures et d'élevages entrepris à différentes échelles, y compris par des familles et des communautés.

L'agriculture urbaine peut s'appuyer sur les connaissances et les compétences des personnes déplacées et des communautés d'accueil afin de renforcer l'autosuffisance et la résilience tout en encourageant une coopération communautaire.

Les besoins en eau, en protection et en entretien doivent être soigneusement planifiés, et les conséquences potentielles du bétail sur l'environnement doivent être prises en compte lorsque des activités d'agriculture urbaine sont envisagées.

Lectures complémentaires



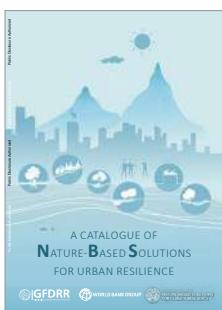
FAO, Rikolto, RUAF, 2022. Urban and Peri-urban Agriculture Sourcebook - From production to food systems. FAO, Rome.

Cet ouvrage publié par la FAO présente un examen approfondi de l'agriculture urbaine et offre des conseils complets sur les techniques d'agriculture urbaine et sur des questions telles que la gestion des terres et de l'eau, la main-d'œuvre et le financement.



Miralles-Wilhelm, F., Iseman, T., 2021. Nature-based solutions in agriculture: The case and pathway for adoption. FAO et The Nature Conservancy.

Ce rapport publié par la FAO offre une vue d'ensemble des relations entre les solutions fondées sur la nature (SfN) et l'agriculture. Il n'aborde pas spécifiquement l'agriculture urbaine, mais il fournit une explication détaillée des pratiques agricoles fondées sur la nature et traite de nombreuses questions pertinentes dans les contextes urbains.



World Bank (Banque mondiale), 2021. A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience. World Bank Group, Washington, D.C.

Ce rapport de la Banque mondiale fournit une description générale des SfN, une justification complète de l'intégration de ces solutions dans les environnements urbains et un catalogue qui décrit les caractéristiques, les avantages et les directives techniques pour la mise en œuvre d'un éventail de SfN, parmi lesquelles l'agriculture urbaine. Il traite des SfN dans des environnements urbains formels, principalement des villes bien développées. Néanmoins, un grand nombre de caractéristiques, d'avantages et de directives techniques sont pertinents pour les environnements urbains moins développés, notamment les zones d'installations de populations déplacées.

7 AGRICULTURE URBAINE



© UNHCR/Petterik Wiggers

8 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU ARIDE OU SEMI-ARIDE

Description

Les zones arides et semi-arides sont généralement caractérisées par de faibles précipitations annuelles et par de longues saisons sèches interrompues par des précipitations intenses lors de courtes saisons pluvieuses. D'après les estimations du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), les zones arides sont définies par un rapport entre les précipitations annuelles moyennes et l'évapotranspiration annuelle de 0,05 à 0,20, tandis que les zones semi-arides présentent un ratio de 0,20 à 0,50 (UN-Habitat, 2023). En Afrique, les zones arides et semi-arides comprennent la bande couvrant le Mali, le Tchad, le Soudan, la Somalie, le Kenya et la Tanzanie, ainsi que d'autres lieux étant le théâtre de déplacements.

De nombreuses solutions de drainage fondées sur la nature qui permettent de répondre aux conditions environnementales et sociales locales ont été élaborées dans les sociétés vivant en milieu aride ou semi-aride. Beaucoup de ces SfN exploitent la collecte des

eaux de pluie pour une utilisation directe, notamment l'irrigation par épandage, le ruissellement des routes et les digues d'épandage. D'autres solutions consistent en des interventions à l'échelle du bassin versant pour le stockage de l'eau ou la reconstitution des nappes phréatiques, notamment des micro-bassins, des bacs de plantation et des terrasses.

Compte tenu de l'imprévisibilité et de la variabilité annuelle des précipitations qui ont lieu durant la saison des pluies dans les zones arides et semi-arides, l'efficacité de ces solutions de drainage sur la nature est difficile à évaluer et varie d'une année à l'autre. En outre, compte tenu de l'importance que revêtent les précipitations dans les zones arides, il convient de prendre en compte les répercussions des SfN sur les utilisateurs des terres en aval afin de s'assurer que les solutions de drainage n'ont pas d'effet négatif sur l'accès à l'eau en aval (UN-Habitat, 2023).

Applicabilité

Les solutions de drainage fondées sur la nature qui sont utilisées en milieu aride ou semi-aride sont généralement élaborées en réponse à des conditions climatiques particulières (longues saisons sèches séparées par de courtes saisons pluvieuses caractérisées par des épisodes de précipitations intenses). La plupart de ces solutions impliquent la construction d'éléments structurels et un entretien régulier qui exigent une forte intensité de main-d'œuvre. La conception de solutions de drainage spécifiques doit s'appuyer sur les connaissances relatives aux régime local des précipitations et des crues.



Canaux d'irrigation près de la zone d'installation de Melkadida (Éthiopie). © UNHCR/Tiksa Negeri

8 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU ARIDE OU SEMI-ARIDE

A Les systèmes d'irrigation par épandage détournent les eaux de crue saisonnières des rivières intermittentes pour les distribuer sur les terres cultivées. L'infiltration de pluies intenses dans les terres cultivées peut fournir suffisamment d'humidité pour plusieurs récoltes, en fonction de l'humidité résiduelle du sol. Les systèmes d'irrigation par épandage sont formés d'une structure de dérivation située dans la rivière intermittente, d'un canal d'évacuation dirigeant l'eau vers les champs jusqu'à un système de canaux de distribution, et de digues en terre environnantes.

B Les systèmes de ruissellement routier captent et détournent les eaux de crue saisonnières des routes, chemins et autres surfaces pavées ou non pavées qui récupèrent les eaux de pluie. Comme pour l'irrigation par épandage, les systèmes de ruissellement routier rendent l'eau disponible pour l'agriculture et sont formés d'éléments similaires : structures de dérivation, canaux de transmission et systèmes de distribution. Comme l'eau récoltée sur les routes et les surfaces pavées peut contenir des polluants, il convient d'éviter la consommation humaine directe.

C Les digues d'épandage détournent les eaux de crue d'un cours d'eau naturel intermittent ou d'une plaine d'inondation et les répandent sur une zone cultivée plus vaste où elles peuvent être facilement absorbées. Elles se présentent généralement sous la forme de remblais trapézoïdaux placés en réseau le long des pentes, la taille et la forme des remblais étant conçues en fonction de l'inclinaison de la pente et du volume d'eau de pluie prévu.



D Les barrages de retenue interceptent et stockent les eaux de crue dans les rivières intermittentes et les canaux d'évacuation de sorte que les eaux de crue peuvent être utilisées directement pour arroser les cultures, ou absorbées afin d'augmenter l'humidité du sol et de favoriser la culture. Ils doivent être conçus en tenant compte des conditions locales et des volumes d'eau prévus. Ils peuvent être fabriqués à partir de matériaux disponibles localement, notamment des pierres, de la terre et des branches.

E Des barrages en enrochements perméables sont placés le long des vallées afin de contrôler les débits et de répandre les eaux de crue au fond des vallées. Les eaux de crue excédentaires s'infiltreront à travers ou par-dessus les barrages en enrochements perméables et continueront de s'écouler de façon plus modérée. En général, des séries de barrages en enrochements perméables sont placées le long des vallées afin d'optimiser l'infiltration.

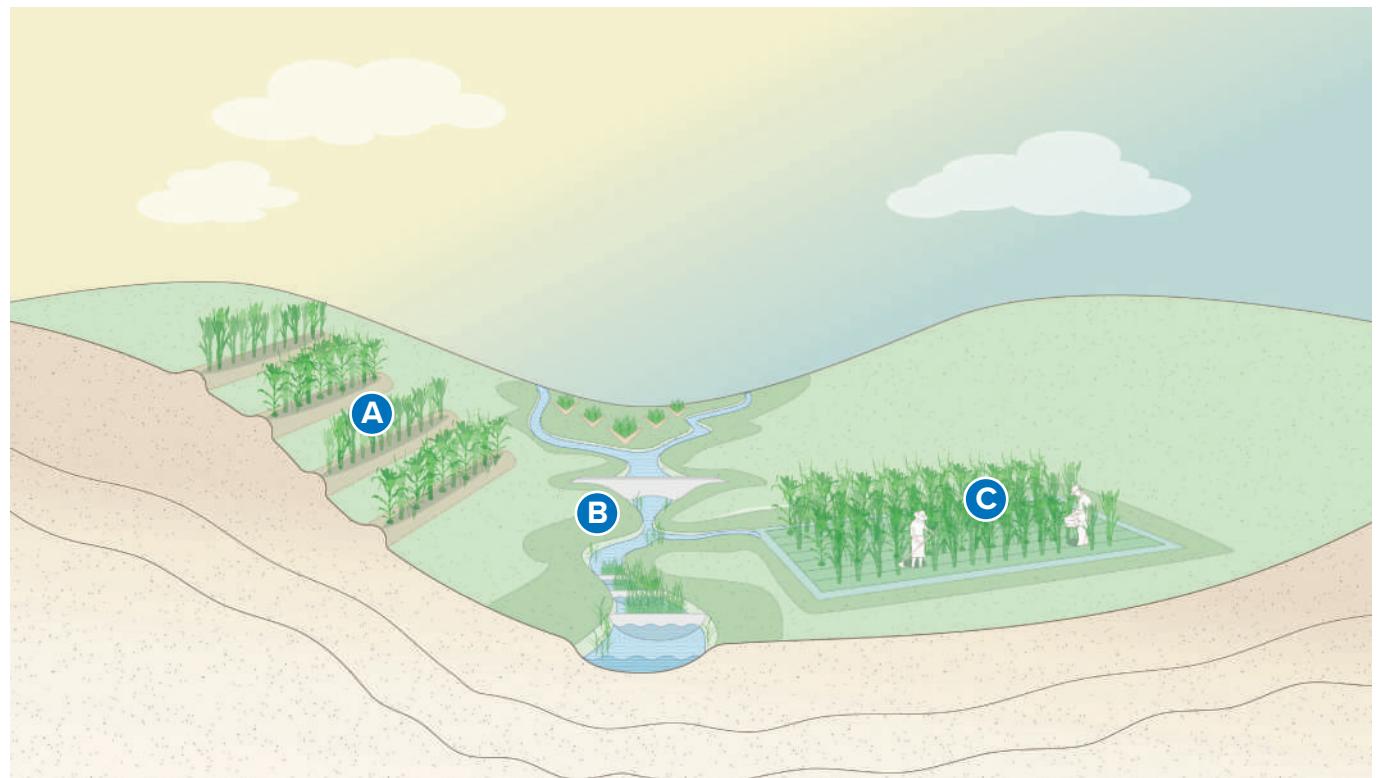
F Les digues de contour sont de petites digues formées avec de la terre extraite d'une pente qui sont disposées en séquence le long des courbes de la pente. Elles sont adaptées aux pentes douces. Les remblais ont généralement une hauteur d'environ 30 cm et une largeur de 75 cm, et sont espacés en fonction de la pente. Les digues de contour interceptent l'eau de pluie afin d'irriguer les cultures adjacentes.

8 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU ARIDE OU SEMI-ARIDE

Avantages

Dans les zones arides et semi-arides, les solutions de drainage fondées sur la nature consistent généralement à intercepter et à exploiter les eaux de crue saisonnières. Les eaux de crue captées sont principalement utilisées pour l'agriculture, soit directement pour irriguer les cultures, soit indirectement par l'infiltration dans le sol, qui permet d'augmenter l'humidité du sol et de favoriser ainsi la croissance des cultures. Parallèlement, ces

solutions de drainage atténuent les effets de l'érosion qui accompagne les crues saisonnières, souvent concentrée dans les ravines et les rivières intermittentes. Bien qu'il soit difficile de remédier à court terme aux effets néfastes d'une érosion aussi concentrée, des solutions de drainage fondées sur la nature peuvent permettre de remédier aux effets de l'érosion à moyen et à long terme.



A Plusieurs solutions de drainage fondées sur la nature interceptent les eaux de crue saisonnières intenses, qui peuvent ensuite être exploitées pour une utilisation agricole directe ou ultérieure, ou répandues de sorte à ce qu'elles s'infiltrent et augmentent l'humidité du sol, ce qui favorise encore la production agricole.

B En interceptant et en contrôlant les eaux de crue, ces SfN permettent également d'intercepter les sédiments et de contrôler l'érosion. De nombreuses solutions de drainage fondées sur la nature visent à capturer des sédiments pour favoriser l'absorption des eaux de crue et la croissance des végétaux, les systèmes racinaires des plantes contribuant à leur tour à la stabilité du sol et au contrôle de l'érosion.

C En milieu aride ou semi-aride, les solutions de drainage fondées sur la nature sont généralement liées aux techniques agricoles traditionnelles. L'exploitation des eaux de crue saisonnières soutient l'agriculture et la production alimentaire grâce à l'utilisation directe de l'eau ou à son absorption pour augmenter l'humidité du sol et favoriser les cultures.

8 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU ARIDE OU SEMI-ARIDE



Réduction des risques d'inondation

L'interception des eaux de crue et le contrôle des débits le long des canaux de d'évacuation et des rivières intermittentes permettent d'exploiter les eaux de crue et de réduire les risques d'inondation, lesquels peuvent être importants dans les zones arides et semi-arides en cas de précipitations intenses pendant les saisons pluvieuses.



Réduction de l'érosion

Les solutions de drainage fondées sur la nature en milieu aride ou semi-aride permettent de contrôler l'érosion dans les plaines inondables, les rivières intermittentes et les ravines, où les effets de l'érosion sont les plus néfastes. Au fil du temps, la capture des sédiments peut compenser les effets de l'érosion, laquelle est souvent l'effet le plus visible du développement d'une zone d'installation.



Restauration du site

Les solutions de drainage fondées sur la nature en milieu aride ou semi-aride peuvent corriger les effets concentrés de l'érosion dans les ravines et les cours d'eau intermittents en capturant les sédiments et en favorisant la croissance des végétaux, et peuvent également contrôler l'érosion. Les SfN améliorent également le drainage des eaux de crue et l'humidité du sol, ce qui favorise la croissance des végétaux et contribue à la restauration de l'écosystème à long terme.



Sécurité alimentaire

En milieu aride ou semi-aride, le soutien des solutions de drainage fondées sur la nature à l'agriculture peut contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition dans les zones d'installation. La capacité de réponse de la production agricole soutenue par les eaux de crue à la demande alimentaire générale des zones d'installation est limitée. Toutefois, le stockage ou l'infiltration des eaux de crue peuvent soutenir plusieurs cycles de culture annuels.

8 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU ARIDE OU SEMI-ARIDE

Considérations techniques



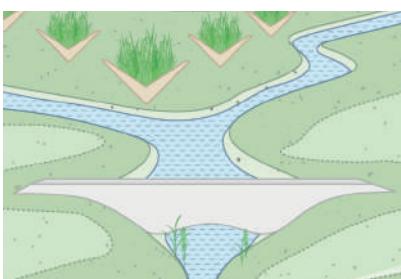
Main-d'œuvre

Les solutions de drainage fondées sur la nature impliquent généralement des interventions paysagères dont la construction et l'entretien nécessitent beaucoup de main-d'œuvre. Les travaux d'excavation et autres tâches à forte intensité de main-d'œuvre ne requièrent que des compétences et un équipement basiques. Ils peuvent être intégrés dans des programmes de travail contre rémunération ou d'autres programmes relatifs aux moyens de subsistance.



Géométrie

La géométrie et la conception des différentes solutions de drainage fondées sur la nature dépendent des conditions locales, notamment de l'inclinaison des pentes, de l'intensité des précipitations et des caractéristiques du sol. Les communautés déplacées et d'accueil peuvent constituer une source importante d'informations pour choisir et concevoir des interventions spécifiques.



Matériaux

Les matériaux nécessaires à la construction de solutions de drainage fondées sur la nature, comme la terre, les pierres et les branches, sont généralement disponibles localement. Pour choisir et concevoir des interventions spécifiques, il faut tenir compte de la disponibilité locale de matériaux pour la construction et l'entretien et s'assurer que les besoins courants en matériaux ne contribuent pas à d'autres problèmes environnementaux tels que la perte de végétation et l'érosion due à l'excavation incontrôlée.



Précipitations

Les régimes pluviométriques locaux doivent être pris en compte pour choisir et concevoir des systèmes de drainage fondés sur la nature. Dans les zones arides et semi-arides, les crues saisonnières peuvent être imprévisibles. Il faut donc tenir rigoureusement compte des effets des inondations extrêmes, notamment les risques de glissement de terrain et autres risques associés à la défaillance structurelle des systèmes de drainage, pour choisir et concevoir un système de drainage approprié.



Plantation

La sélection des espèces végétales intégrées dans les solutions de drainage fondées sur la nature doit se faire compte tenu des besoins en eau, des conditions pédologiques et climatologiques locales, des rythmes de croissance et des besoins de protection. Les espèces locales peuvent être les mieux adaptées aux conditions de l'écosystème local. Les communautés déplacées et d'accueil sont des sources importantes de connaissances sur les plantations appropriées.

8 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU ARIDE OU SEMI-ARIDE

Entretien

De nombreuses solutions de drainage fondées sur la nature nécessitent un entretien important. Les eaux de crue peuvent gravement endommager les barrages, digues et autres infrastructures de dérivation de l'eau. L'inspection et l'entretien réguliers des systèmes de drainage, notamment après les épisodes de crue, peuvent s'avérer nécessaires pour maintenir leur bon fonctionnement. En général, les travaux d'excavation et autres travaux d'entretien de base demandent beaucoup de main-d'œuvre et peuvent requérir la contribution des personnes déplacées.

Coûts

La main-d'œuvre nécessaire pour les excavations et autres tâches de construction de base est généralement le principal élément de coût des solutions de drainage fondées sur la nature. Il arrive donc que ces coûts soient couverts par les contributions en main-d'œuvre des populations déplacées. Les coûts de la main-d'œuvre nécessaire pour l'entretien régulier peuvent être importants et doivent être pris en compte lors du choix et de la planification des solutions de drainage.

Zone d'installation de Kakuma (Kenya)

Dans la zone d'installation de réfugiés de Kakuma, au nord du Kenya, l'irrigation par épandage et d'autres techniques d'irrigation des plaines inondables ont été utilisées pour obtenir une production agricole abondante, notamment des cultures de sorgho et de niébé.

Pour plus d'informations :

UN-Habitat, 2023. Designing for Displacement: A Spatial Guide for Planning Along Seasonal Rivers in Drylands. UN-Habitat, Nairobi.

UN-Habitat, 2023. Kakuma Regeneration Strategy. UN-Habitat, Nairobi



UN-Habitat, 2023



UN-Habitat, 2023



UN-Habitat, 2023



UN-Habitat, 2023

8 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU ARIDE OU SEMI-ARIDE

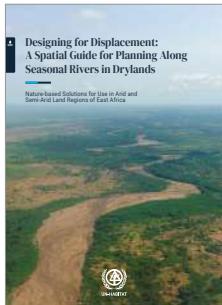
Principaux enseignements à retenir

Les solutions de drainage en milieu aride ou semi-aride consistent à exploiter les précipitations intenses de la saison des pluies pour soutenir l'agriculture et reconstituer l'humidité du sol. Si elles sont bien choisies et conçues, ces solutions peuvent soutenir la culture et la restauration à long terme du site tout en contrôlant l'érosion.

Diverses techniques locales sont souvent mises en place en réponse à des conditions climatiques et géologiques précises. Les communautés déplacées et d'accueil sont d'importantes sources d'information pour la conception et la mise en œuvre de solutions de drainage.

De nombreuses techniques impliquent un entretien important. En outre, l'efficacité de ces techniques varie d'une année à l'autre en fonction des conditions pluviométriques.

Lectures complémentaires



UN-Habitat, 2023. Designing for Displacement: A Spatial Guide for Planning Along Seasonal Rivers in Drylands. UN-Habitat, Nairobi.

Ce rapport publié par l'ONU-Habitat décrit la prévalence croissante des opérations de déplacement dans les zones arides et semi-arides ainsi que la gamme de problèmes et de difficultés que ces zones présentent. Le rapport offre une vue d'ensemble d'une large éventail de SfN adaptées aux zones arides et semi-arides, notamment des solutions de drainage. Les descriptions sont assorties de directives techniques, de dessins et d'images.

8 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU ARIDE OU SEMI-ARIDE



Systèmes d'irrigation et de plantation sur le site de réinstallation de Bogo pour les personnes déplacées (Maroua, Cameroun). © UNHCR/Colin Delfosse

9 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU NON ARIDE

Description

Les solutions de drainage fondées sur la nature en milieu non aride offrent des alternatives aux infrastructures grises conventionnelles. En général, l'infrastructure de drainage conventionnelle se caractérise par des éléments imperméables tels que des canalisations, des canaux et des réservoirs qui évacuent la pluie et les eaux de crue des zones urbaines.

Les solutions de drainage fondées sur la nature atténuent elles aussi les risques d'inondation en canalisant les eaux de pluie. Contrairement aux infrastructures grises conventionnelles, les Sfn intègrent des surfaces perméables et de la végétation pour faciliter l'infiltration et l'acheminement des eaux de pluie. Les solutions de drainage fondées sur la nature visent à gérer les risques d'inondation tout en maintenant le cycle naturel de l'eau régulé par l'infiltration et l'évapotranspiration (Woods Ballard *et al.*, 2015). Elles visent également à gérer la qualité de l'eau et à réduire les risques de pollution en filtrant les eaux de ruissellement avant qu'elles ne pénètrent dans les nappes phréatiques et les cours d'eau naturels. Au-delà de leur fonction conventionnelle d'évacuation des eaux, les solutions de drainage fondées sur la nature contribuent au confort public car elles offrent une infrastructure de drainage plus esthétique qui remplit plus de fonctions publiques que les systèmes de drainage conventionnels.

Les solutions de drainage fondées sur la nature comprennent une gamme de systèmes destinés à intercepter, à stocker et à propager les eaux de ruissellement. Les rigoles sont des canaux ouverts peu profonds et végétalisés qui peuvent remplacer les

canalisations et les canaux de drainage conventionnels. Tandis que les rigoles collectent et répandent les eaux de ruissellement, les surfaces enherbées et la géométrie peu profonde des canaux facilitent l'infiltration de ces eaux et la filtration des sédiments. Les bassins de rétention sont des dépressions aménagées qui restent secs dans des conditions normales, mais qui sont reliés à des réseaux de drainage pour recevoir les eaux de ruissellement provenant des averses. Ils sont conçus pour revenir rapidement à leur état sec après les précipitations grâce à l'infiltration à travers les surfaces végétalisées (généralement enherbées) ou à l'évacuation des eaux de ruissellement vers l'extérieur. Les systèmes de biorétenion sont des dépressions paysagères peu profondes qui restent partiellement remplis dans des conditions normales de sécheresse et qui collectent et limitent les eaux de ruissellement pendant les averses. Ils intègrent de la végétation pour filtrer les eaux de ruissellement, qui s'infiltrent ensuite ou sont évacuées par un système de drainage souterrain.

Différentes solutions de drainage fondées sur la nature peuvent être combinées pour former un système d'évacuation des eaux ou peuvent être intégrées à des éléments de l'infrastructure de drainage conventionnelle. Comme dans le cas des infrastructures conventionnelles, les systèmes de drainage fondés sur la nature doivent être conçus en fonction des conditions locales et selon des critères de performance clairs reposant sur les caractéristiques de l'averse type (c'est-à-dire la période de récurrence, l'intensité et la durée des précipitations).

Applicabilité

Les conditions locales qui ont des répercussions sur les propriétés hydrauliques du sol et la croissance des végétaux sont des considérations fondamentales qui déterminent l'applicabilité des solutions de drainage fondées sur la nature dans les zones d'installation. L'humidité du sol et/ou l'eau d'irrigation doivent être suffisantes pour la croissance de la végétation, en particulier pendant les premiers stades de croissance. Les sols locaux doivent permettre l'infiltration ou être modifiés au niveau des infrastructures de drainage pour la faciliter.

La protection de l'herbe et autre végétation dans le contexte de densités de population relativement élevées, ainsi que l'accessibilité des espaces publics, en particulier pendant les premières phases de croissance, doivent également être prises en compte pour choisir et planifier des solutions de drainage fondées sur la nature.

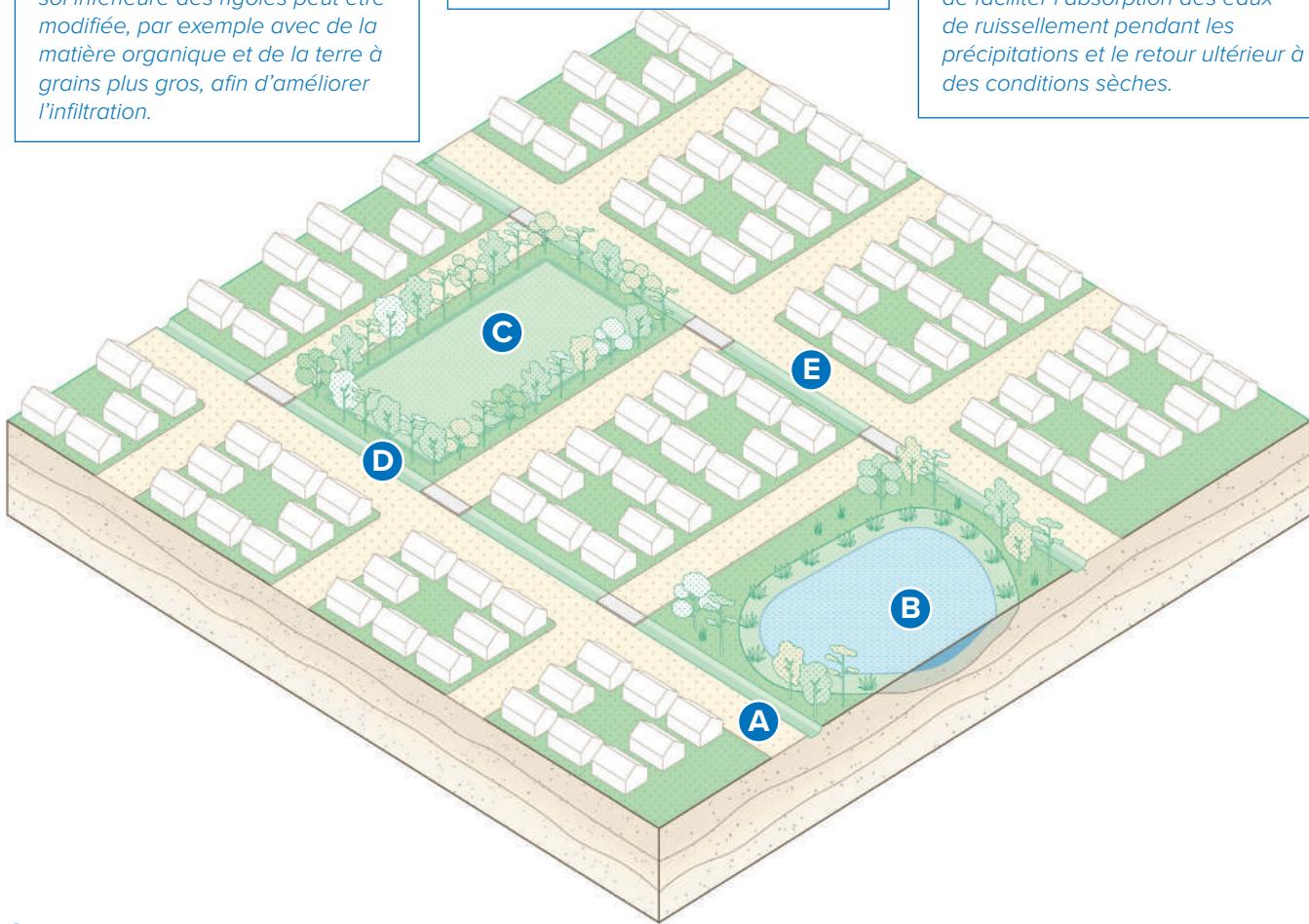
La disponibilité des terres est aussi un facteur important, car les rigoles et les systèmes de biorétenion occupent plus de terrain que les canaux de drainage et les réservoirs conventionnels. Dans le cas d'une nouvelle zone d'installation planifiée sur un site ouvert, les besoins en surface peuvent être satisfaits dans le cadre de l'aménagement conventionnel de la zone.

9 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU NON ARIDE

A Les rigoles sont des canaux ouverts peu profonds et végétalisés qui collectent et propagent les eaux de ruissellement tandis que les surfaces enherbées et la géométrie peu profonde des canaux facilitent l'infiltration de ces eaux et la filtration des sédiments. Elles ont généralement une profondeur de 40 à 60 cm et des pentes douces plantées d'herbe. Elles peuvent suivre des tracés droits ou sinuieux, ce qui permet de les intégrer dans une grande variété de paysages urbains. La couche de sol inférieure des rigoles peut être modifiée, par exemple avec de la matière organique et de la terre à grains plus gros, afin d'améliorer l'infiltration.

B Les systèmes de biorétention sont des bassins végétalisés peu profonds qui sont partiellement remplis dans des conditions normales de sécheresse. Ils collectent, généralement en surface, les eaux de ruissellement provenant des averses dans les zones environnantes. Les eaux de ruissellement sont filtrées par la végétation et le sol, puis infiltrées ou évacuées du bassin de biorétention par un système de drainage souterrain. Les systèmes de biorétention facilitent ainsi l'infiltration et l'atténuation des eaux de ruissellement ainsi que la filtration des sédiments.

C Les bassins de rétention sont des dépressions aménagées qui restent secs dans des conditions normales et peuvent alors être utilisés comme espaces récréatifs publics. Il collectent et atténuent les eaux de ruissellement lors des épisodes pluvieux. Les surfaces enherbées facilitent l'infiltration et reviennent à l'état sec après les précipitations. Les bassins de rétention peuvent être reliés à des systèmes de transmission des eaux drainées, comme des rigoles ou des systèmes de drainage conventionnels, afin de faciliter l'absorption des eaux de ruissellement pendant les précipitations et le retour ultérieur à des conditions sèches.



D Les systèmes de drainage naturels intègrent de la végétation et des surfaces perméables de manière à se fondre dans les espaces publics. Par exemple, la géométrie peu profonde des rigoles les rend facilement franchissables et ne constitue pas un obstacle à la circulation des piétons. Les bassins de rétention peuvent être utilisés comme parcs et terrains de sport par temps sec, en veillant à ce que le compactage du sol et la perte de végétation ne réduisent pas les capacités d'infiltration.

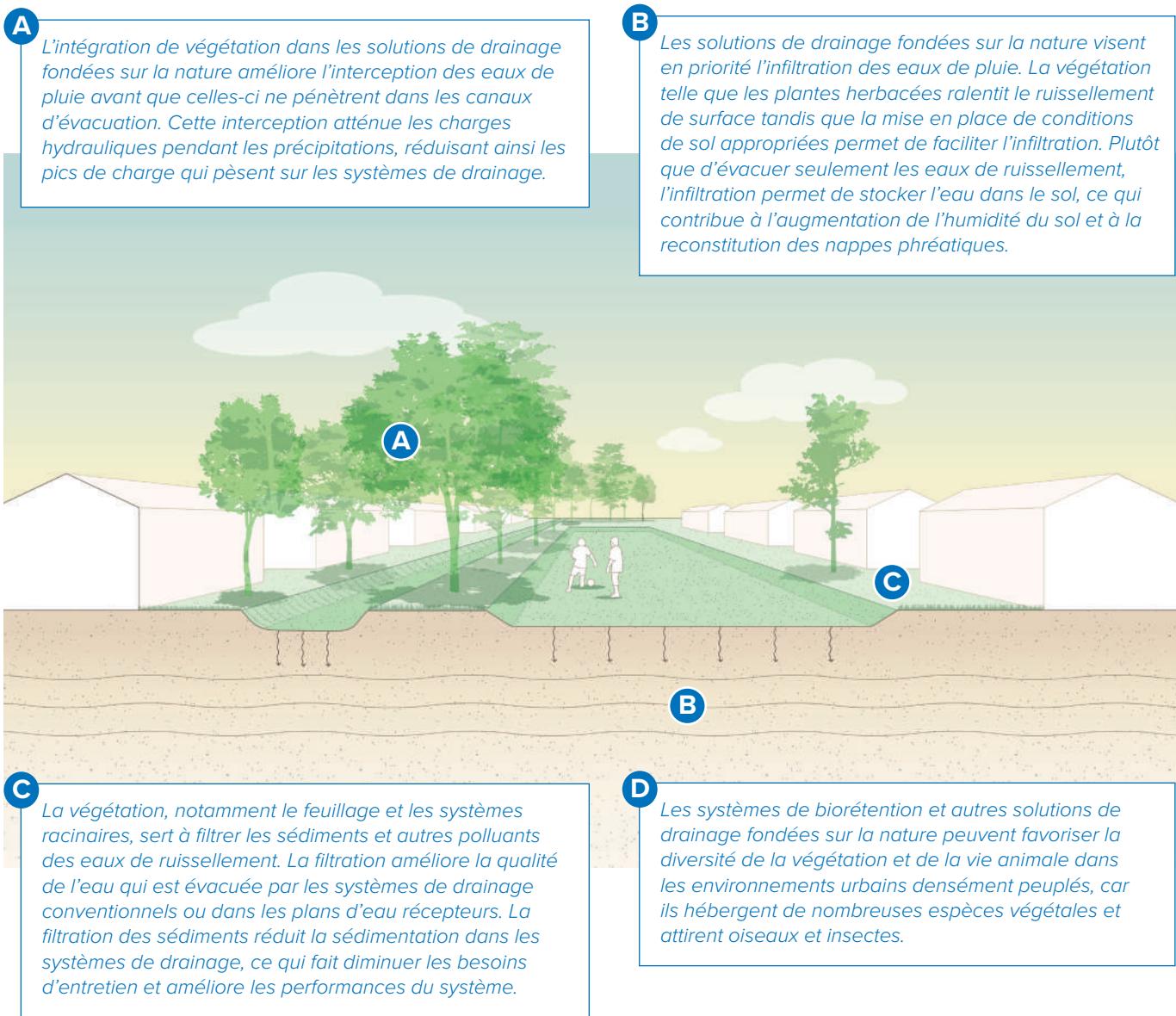
E Diverses solutions de drainage fondées sur la nature peuvent être intégrées à l'infrastructure de drainage conventionnelle. Par exemple, les bassins de rétention et les systèmes de biorétention peuvent être raccordés aux canaux de drainage conventionnels. Les rigoles peuvent aussi être raccordées aux canaux de drainage des systèmes d'évacuation conventionnels, ce qui permet d'augmenter l'infiltration tout en atténuant les pics de charge et les risques d'inondation. Comme dans le cas des infrastructures conventionnelles, les systèmes de drainage fondés sur la nature doivent être conçus en fonction des conditions locales et selon des critères de performance clairs reposant sur l'anticipation des charges pluviales prévues.

9 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU NON ARIDE

Avantages

Lorsqu'ils sont correctement conçus et entretenus, les systèmes de drainage fondés sur la nature permettent tout autant d'atténuer les risques d'inondation que les systèmes de drainage conventionnels. En outre, les solutions de drainage fondées sur la nature contribuent à maintenir le cycle naturel de l'eau en améliorant l'infiltration et la reconstitution des nappes phréatiques et en intégrant la végétation pour améliorer l'évapotranspiration. Ces solutions intègrent des plantes

herbacées et d'autres types de végétation pour filtrer les sédiments et les polluants des eaux de ruissellement, améliorant ainsi la qualité de l'eau. Elles peuvent également étendre la fonction conventionnelle des systèmes de drainage car elles procurent davantage de confort public en fournissant une infrastructure qui peut être intégrée de façon esthétique aux espaces publics et être utilisée pour les loisirs.



9 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU NON ARIDE



Réduction des risques d'inondation

Comme pour les systèmes de drainage en général, le principal avantage des solutions de drainage fondées sur la nature est la réduction des risques d'inondation grâce au contrôle, à l'infiltration et à l'évacuation des eaux de pluie. Pour garantir une réduction des risques d'inondation, les systèmes de drainage fondés sur la nature doivent être conçus en fonction des conditions locales et selon des critères de performance reposant sur l'anticipation des charges pluviales prévues.



Restauration du site

Dans les situations où les zones d'installation sont fermées et les sites rendus à leurs fonctions antérieures, les systèmes de drainage conventionnels perdurent inutilement. Les solutions de drainage fondées sur la nature peuvent être facilement réintégrées dans des environnements restaurés. Pendant leur fonctionnement, ces solutions augmentent l'humidité du sol et favorisent la reconstitution des nappes phréatiques et la croissance des végétaux, ce qui contribue à la restauration ultérieure du site. Le maintien de la biodiversité pendant la durée de vie d'une zone d'installation peut également contribuer à la restauration ultérieure du site.



Aménagement de l'espace public

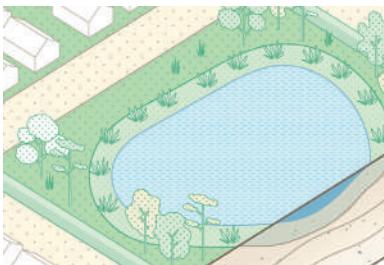
Le caractère esthétique des solutions de drainage fondées sur la nature permet de les intégrer aux parcs et autres espaces urbains. Les bassins de rétention peuvent être utilisés comme espaces publics ouverts et comme terrains de jeu pendant les périodes sèches, en faisant attention à ne pas trop compacter le sol et à entretenir les plantes herbacées et autres types de végétation s'y trouvant. Les systèmes de biorétention peuvent également servir d'éléments paysagers attrayants et de lieux de loisirs.



Petit bassin de rétention dans un parc urbain

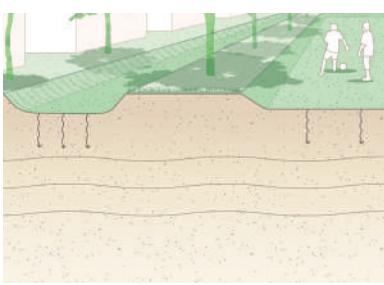
9 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU NON ARIDE

Considérations techniques



Hydrologie

L'hydroclimat local doit être soigneusement évalué afin de déterminer l'averse type (c'est-à-dire l'intensité et la durée des précipitations pour différentes périodes de récurrence). Le climat et la disponibilité en eau sont également des informations fondamentales pour permettre l'implantation et l'entretien de la végétation, et pour déterminer les solutions de drainage fondées sur la nature applicables. L'augmentation de l'humidité du sol permise par le fonctionnement des SfN favorise la croissance des végétaux, mais un arrosage supplémentaire peut s'avérer nécessaire en fonction des conditions locales.



Géologie

Les propriétés hydrauliques du sol ont des conséquences sur le processus d'infiltration, tandis que les propriétés biologiques et chimiques (par exemple, l'acidité du sol) peuvent influer sur la croissance des plantes. La capacité d'infiltration des sols locaux doit être soigneusement évaluée. Les caractéristiques du sol peuvent être modifiées par l'ajout de nutriments et d'autres terres adéquates ; toutefois, la faisabilité de ces interventions doit être examinée sous l'angle des coûts et de la proximité des matériaux ou de la terre nécessaires. Un compactage excessif du sol doit être évité afin de maintenir la capacité d'infiltration des solutions de drainage fondées sur la nature.



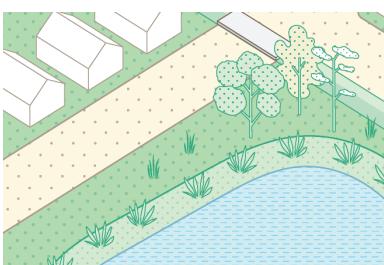
Plantation

Les espèces végétales doivent être sélectionnées compte tenu des conditions locales, des besoins en matière de croissance et d'entretien et des caractéristiques des espèces afin d'optimiser la fonction de drainage, l'aménagement de l'espace public et l'entretien. Il faut aussi tenir compte des besoins en eau des espèces envisagées tout au long de leur cycle de vie. En général, il convient de choisir des espèces végétales qui résistent aux dommages et qui minimisent les besoins de protection et d'entretien.



Géométrie

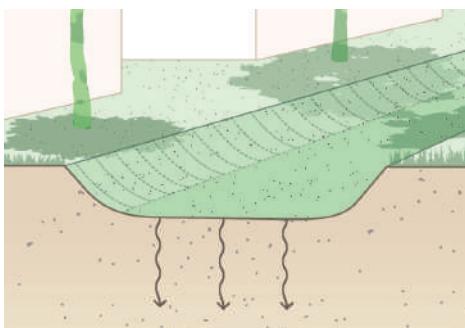
Les rigoles, les bassins de rétention, les systèmes de biorétention et autres solutions de drainage fondées sur la nature peuvent prendre des formes et être de tailles très variées. Les rigoles, bassins de rétention et systèmes de biorétention sont en général peu profonds. Les dimensions doivent être déterminées selon des critères techniques tenant compte des fonctions de drainage (par exemple, acheminement, stockage, infiltration) et d'aménagement de l'espace public.



Moustiques

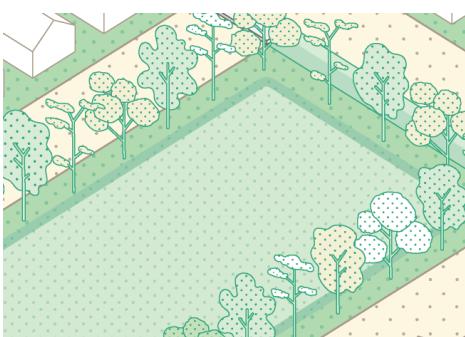
Les systèmes de biorétention et certaines autres solutions de drainage fondées sur la nature donnent lieu à la formation de masses d'eaux statiques qui peuvent constituer des environnements propices aux moustiques. Les maladies transmises par les moustiques peuvent poser d'importants problèmes de santé publique dans les zones d'installation. Les risques liés aux moustiques doivent être pris en compte lorsque l'on envisage de mettre en place certains types de solutions de drainage fondées sur la nature dans une zone d'installation.

9 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU NON ARIDE



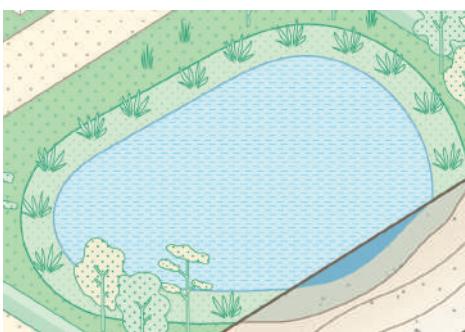
Conception des rigoles

Les rigoles ont normalement une profondeur d'environ 50 cm, des surfaces latérales légèrement inclinées et une base plate pouvant avoir une largeur d'environ 50 à 200 cm. La base doit avoir une inclinaison d'environ 0,5-6 % dans le sens de l'écoulement, des barrages de retenue intermittents étant recommandés lorsque l'inclinaison est supérieures à 3 %. Les rigoles peuvent suivre des chemins droits ou sinués, et leur largeur peut varier pour donner un aspect plus naturel. La couche arable ou le sol modifié à la base des rigoles doivent faciliter l'infiltration. L'herbe située sur la base et les surfaces latérales doit être entretenue afin de ne pas dépasser une longueur de 10 cm.



Conception de bassins de rétention

Les bassins de rétention sont relativement peu profonds. La profondeur et la surface d'un bassin de rétention, ainsi que le volume de stockage qui en résulte, peuvent être conçus en fonction d'une averse dont la période de récurrence est de 10 ou 30 ans. Les pentes douces doivent permettre un accès du public en toute sécurité et favoriser la croissance et l'entretien de la végétation. La couche arable ou le sol modifié à la base doivent faciliter l'infiltration. La base enherbée doit généralement être plate pour faciliter une infiltration régulière. Il convient d'éviter la concentration de la circulation piétonne et d'autres utilisations qui pourraient endommager la végétation et compacter le sol, car cela entraverait l'infiltration.



Conception de systèmes de biorétention

Les systèmes de biorétention sont des bassins peu profonds dont la profondeur maximale ne doit pas dépasser 2 m en cas de précipitations extrêmes. La géométrie d'un bassin est flexible et doit être conçue pour accueillir une pluie centennale. En général, la surface doit représenter environ 2 % à 4 % de la zone à drainer. Le fond du bassin, dont les couches de base sont moins perméables que les couches de filtration supérieures, sert de filtre. La végétation du bassin doit être choisie pour ses capacités de filtration et d'élimination des nutriments, et compte tenu des besoins d'entretien ; on peut envisager de planter des espèces locales. Les bords doivent avoir une inclinaison faible pour garantir la sécurité et l'accès du public.

Entretien

Les solutions de drainage fondées sur la nature nécessitent généralement une période d'établissement avant de fonctionner correctement. La période d'établissement s'étend généralement sur au moins un cycle saisonnier, ce qui permet le développement initial de la végétation et l'obtention de niveaux appropriés d'humidité et de compactage du sol après les travaux de construction. Une inspection et un entretien réguliers sont nécessaires pour garantir le bon fonctionnement des systèmes de drainage tout au long de leur exploitation. La coupe de l'herbe et d'autres opérations d'entretien de la végétation sont nécessaires. Pour les rigoles, l'herbe doit être maintenue à une longueur d'environ 8 à 15 cm. L'utilisation du bétail pour entretenir l'herbe devrait être évitée, compte tenu de la longueur requise et du risque de compacter excessivement le sol ; toutefois, l'herbe coupée peut servir de nourriture au bétail.

Coûts

Toute comparaison des coûts entre les solutions de drainage fondées sur la nature et les solutions de drainage conventionnelles (infrastructures grises) dépend des conditions environnementales locales telles que les caractéristiques du sol, l'aire de drainage, etc. et de facteurs économiques comme les coûts des matériaux et de la main-d'œuvre. Les SfN peuvent nécessiter moins de matériaux de construction comme le béton et l'acier, mais elles peuvent exiger un plus grand savoir-faire et une plus grande attention concernant certains paramètres de conception. Dans l'analyse coûts-avantages, les fonctions supplémentaires et les avantages non monétaires des SfN doivent être soigneusement pris en compte.

9 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU NON ARIDE

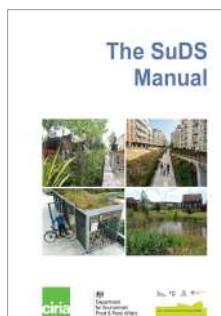
Principaux enseignements à retenir

Plusieurs solutions de drainage fondées sur la nature en milieu non aride constituent des alternatives aux infrastructures grises conventionnelles qui peuvent optimiser la restauration des sites et l'aménagement de l'espace public tout en atténuant les risques d'inondation. Les SfN peuvent être intégrées à l'infrastructure de drainage conventionnelle.

Les solutions de drainage fondées sur la nature comprennent généralement de la végétation qui a des besoins permanents en arrosage, en protection et en entretien ; il faut prévoir ces besoins et y répondre pour garantir le bon fonctionnement de ces solutions.

La sélection, la conception et la construction de solutions de drainage fondées sur la nature doivent s'appuyer sur des avis en génie hydraulique afin de garantir que la solution choisie fonctionne bien et a des capacités de drainage suffisantes pour atténuer les risques.

Lectures complémentaires



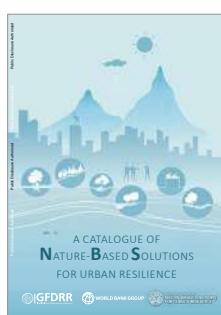
Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, S., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., Kellagher, R., 2015. The SUDS Manual. CIRIA, Londres.

Ce manuel publié par l'Association de recherche et d'information de l'industrie de la construction du Royaume-Uni (CIRIA) contient des orientations techniques détaillées sur la conception et la mise en œuvre d'un large éventail de solutions de drainage fondées sur la nature. Les orientations techniques comprennent des paramètres de conception et des spécifications. Bien que les informations offertes concernent spécifiquement le Royaume-Uni, le manuel fournit des orientations techniques pertinentes et utiles pour la conception de solutions de drainage fondées sur la nature dans les zones d'installation.



UNESCO WWAP (Programme mondial de l'UNESCO pour l'évaluation des ressources en eau), 2018. Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2018 : les solutions fondées sur la nature pour la gestion de l'eau. UNESCO, Paris.

Ce rapport publié par l'UNESCO offre une vue d'ensemble des SfN relatives à la disponibilité en eau et à la qualité de l'eau. Ce rapport de grande envergure aborde certaines solutions de drainage fondées sur la nature, notamment sous l'angle de leurs contributions à la préservation de la qualité de l'eau et des cycles naturels de l'eau.



World Bank (Banque mondiale), 2017. Implementing nature-based flood protection - Principles and implementation guidance. World Bank, Washington, DC.

Ce rapport publié par la Banque mondiale donne un aperçu des principes qui sous-tendent la prévention des inondations fondée sur la nature, et propose des directives pour la mise en œuvre de solutions de prévention des inondations fondées sur la nature. Le rapport ne traite pas spécifiquement des solutions de drainage, mais les principes qu'il décrit, associés à des orientations techniques plus détaillées, sont utiles pour définir et mettre en œuvre des solutions de drainage fondées sur la nature.

9 SOLUTIONS DE DRAINAGE EN MILIEU NON ARIDE



Rigole de drainage intégrée à une aire de stationnement.

10 ÉTANGS ET ZONES HUMIDES

Description

Les étangs et les zones humides urbaines sont des plans d'eau aménagés destinés à capter et à traiter les eaux pluviales et les eaux usées, à favoriser la biodiversité et à offrir des espaces publics aménagés et de loisirs. Ils sont semblables aux systèmes de biorétenzione, qui constituent une solution de drainage fondée sur la nature. Ils sont cependant différents de ceux-ci en ce qu'ils présentent généralement des moyens de filtration moins sophistiqués, notamment la végétation, et que, contrairement aux systèmes de biorétenzione, les étangs et les zones humides ne sont pas nécessairement reliés à des systèmes de drainage plus vastes.

Les étangs et les zones humides peuvent éliminer les polluants des eaux de surface grâce à des processus physiques, biologiques et chimiques (piégeage des sédiments, élimination des nutriments, détoxicification chimique) (Woods Ballard *et al.*, 2015). Il convient de

privilégier la sélection d'espèces végétales locales afin de réduire les besoins d'entretien et d'optimiser la biodiversité locale en attirant la faune locale, notamment les oiseaux et les insectes. L'intégration d'étangs et de zones humides dans les parcs et autres espaces publics peut offrir des espaces de loisirs attrayants ainsi que d'autres avantages environnementaux. En milieu aride ou semi-aride, les étangs peuvent être utilisés pour capter et stocker les eaux de ruissellement.

Les étangs et les zones humides intérieures donnent lieu à la formation de masses d'eaux statiques qui peuvent constituer des lieux de reproduction pour les moustiques en milieu urbain. L'intégration potentielle d'étangs et de zones humides dans la planification d'une zone d'installation doit tenir compte des risques de santé publique liés aux maladies transmises par les moustiques.

Applicabilité

Les étangs et les zones humides urbaines conviennent généralement aux zones tropicales et tempérées. Dans les zones plus froides, les températures plus basses réduisent l'activité biologique, notamment les processus anaérobies qui contribuent à la purification de l'eau. Dans les zones plus chaudes, le ruissellement peut ne pas suffire à maintenir l'eau dans les étangs et les zones humides. En milieu aride ou semi-aride, les étangs peuvent être intégrés à d'autres solutions de drainage pour capter et stocker les eaux de ruissellement, bien que le choix des espèces végétales et des fonctions de filtration doive tenir compte des états intermittents de sécheresse et d'humidité.

Les risques pour la santé publique associés aux moustiques et à l'eau stagnante doivent être soigneusement pris en compte avant de planifier l'intégration d'étangs et de zones humides dans une zone d'installation.



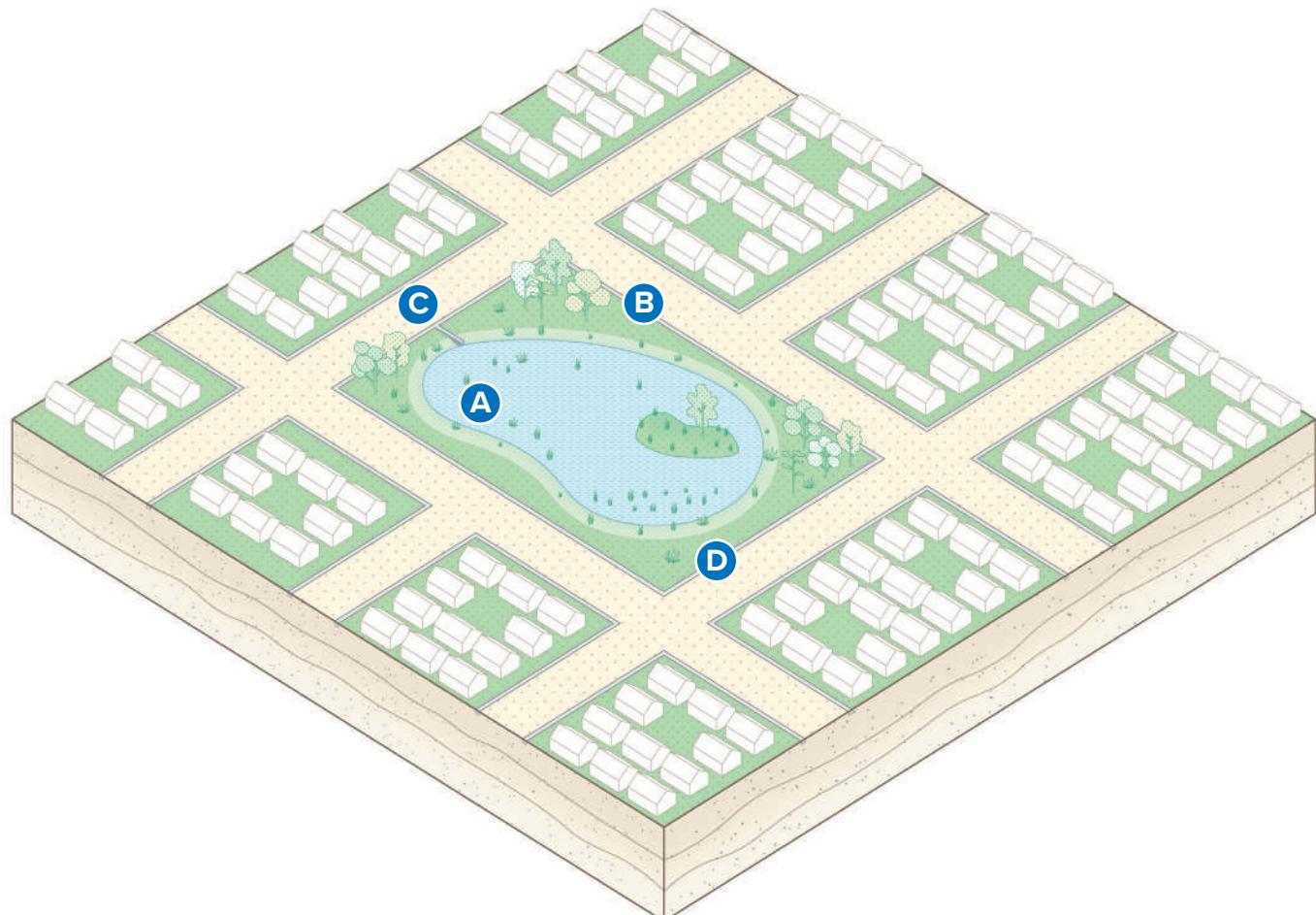
Bassin de rétention partiellement rempli

A

La végétation favorise la filtration de l'eau et l'élimination des nutriments par des processus anaérobies. La plantation d'espèces locales peut favoriser la biodiversité en attirant des espèces locales d'oiseaux et d'insectes et autres animaux tout en optimisant les besoins d'entretien.

B

Les étangs et les zones humides constituent des sites attrayants pour les loisirs publics. L'augmentation de l'humidité du sol due à l'infiltration peut favoriser la croissance des arbres et d'autres végétaux.



C

Les étangs et les zones humides sont étroitement liés aux solutions de drainage urbain, bien qu'ils impliquent une conception technique moins sophistiquée que des solutions telles que les systèmes de biorétention. Ils peuvent être reliés à des infrastructures de drainage fondées sur la nature ou grises afin d'atténuer les charges de drainage et de stocker l'excès d'eau de ruissellement lors de précipitations intenses.

D

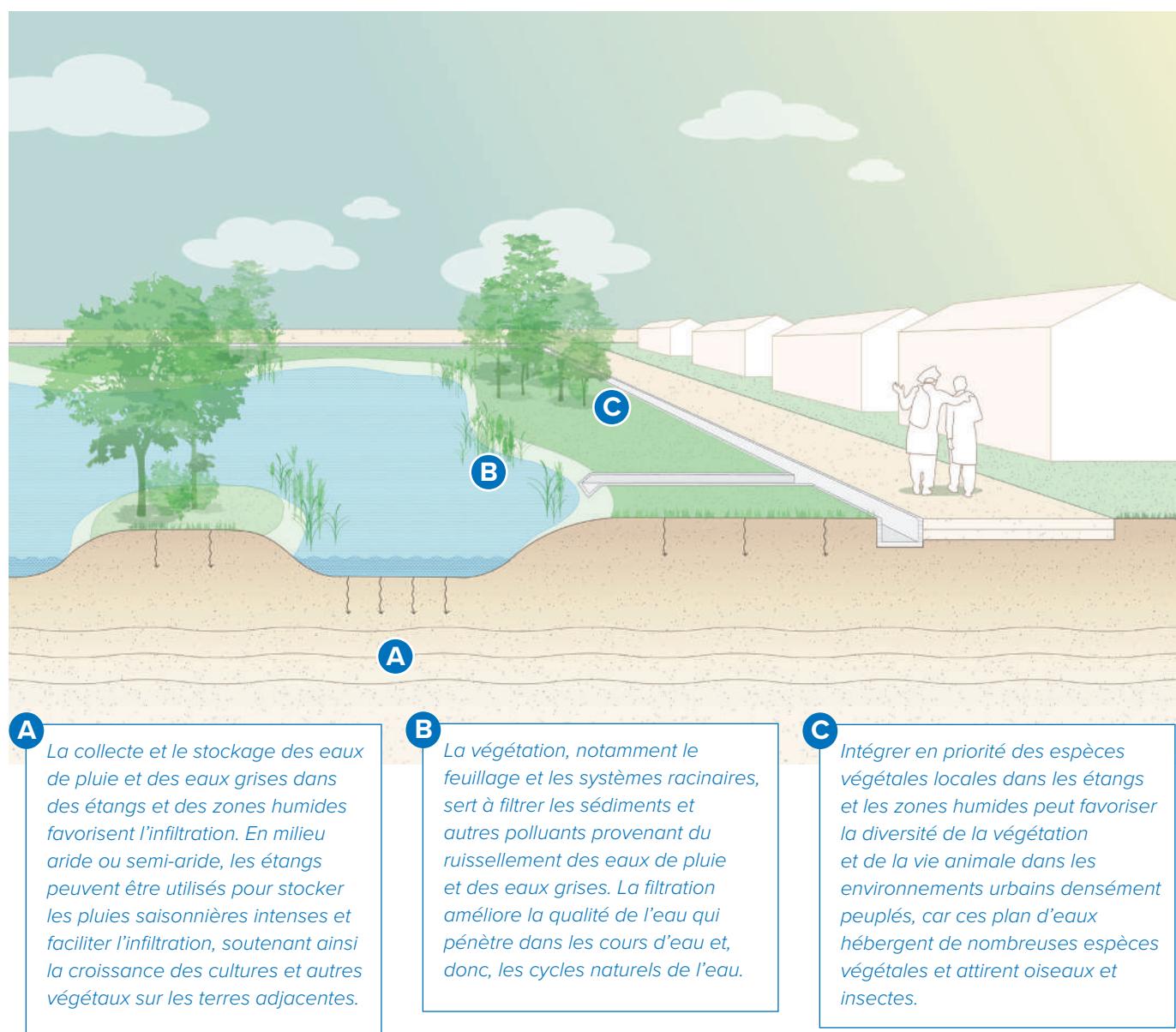
Ils peuvent constituer des éléments centraux de l'aménagement paysager urbain. Les plans d'eau offrent des sites naturels de détente et de loisirs.

10 ÉTANGS ET ZONES HUMIDES

Avantages

Les étangs et les zones humides peuvent apporter des avantages environnementaux et sociaux. Les avantages environnementaux sont semblables à ceux apportés par les solutions de drainage fondées sur la nature comme les systèmes de biorétention : les étangs et les zones humides favorisent la filtration et l'infiltration des eaux de ruissellement et autres eaux usées grises, ce qui renforce les cycles naturels de l'eau. Il convient en priorité

d'envisager d'y intégrer des espèces végétales locales, car celles-ci peuvent favoriser la biodiversité et, donc, la restauration ultérieure du site. Les avantages sociaux des étangs et des zones humides résident principalement dans la fourniture d'aménagements publics et d'espaces de loisirs attrayants, ce qui peut contribuer au renforcement des interactions sociales et à l'amélioration de la santé mentale.





Réduction des risques d'inondation

Les étangs et les zones humides peuvent être intégrés à des infrastructures de drainage fondées sur la nature ou conventionnelles afin de stocker et d'atténuer les pics de charge qui pèsent sur les systèmes de drainage. Pour garantir la réduction des risques d'inondation, les volumes des étangs et des zones humides doivent être conçus en tenant compte de précipitations extrêmes comme une averse centennale.



Restauration du site

Les étangs et les zones humides augmentent l'humidité du sol et favorisent la reconstitution des nappes phréatiques et la croissance des végétaux, ce qui contribue à la restauration ultérieure du site. Ils attirent des espèces locales d'oiseaux, d'insectes et autres animaux, préservant ainsi la biodiversité pendant le fonctionnement de la zone d'installation et contribuant à la restauration ultérieure du site.



Aménagement de l'espace public

Les étangs et les zones humides constituent des espaces urbains attrayants, propices aux loisirs et aux interactions sociales, qui peuvent à leur tour contribuer à améliorer la santé mentale et le bien-être de la communauté.



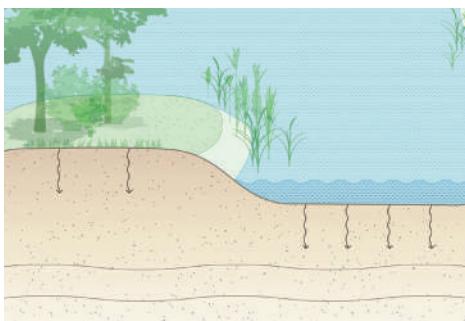
Bassin de rétention partiellement rempli

10 ÉTANGS ET ZONES HUMIDES

Considérations techniques

Les étangs et les zones humides sont généralement assortis d'exigences techniques assez souples. Les conditions géologiques et hydrologiques doivent garantir des niveaux d'eau appropriés pour assurer la fonction de drainage et maintenir la végétation en bonne santé ; il convient toutefois de noter que les étangs situés dans des zones arides ou semi-arides connaîtront des

périodes de sécheresse régulières. En ce qui concerne la plantation, les espèces végétales doivent être en priorité des espèces locales afin d'optimiser les avantages pour la biodiversité et de réduire les besoins d'entretien. Le fait que les étangs et les zones humides constituent des lieux potentiels de reproduction pour les moustiques est un élément essentiel à prendre en compte.



Géologie

Dans les zones tempérées et tropicales, les caractéristiques locales du sol, notamment la perméabilité et les niveaux d'humidité, doivent permettre de retenir l'eau à un niveau minimum pour maintenir la végétation en bonne santé et permettre l'infiltration progressive d'eau supplémentaire. Les caractéristiques du sol peuvent être modifiées par l'ajout d'autres terres de granulométrie appropriée, en tenant compte de la disponibilité de terre et des coûts d'excavation et de transport. Dans les zones arides, il convient d'envisager l'assèchement des étangs pendant les saisons sèches.



Hydrologie

L'hydroclimat local est un élément essentiel à prendre en considération dans la conception d'un étang. Les niveaux de stockage minimum et maximum prévus doivent être pris en compte. Les niveaux minimums ont une incidence sur les dimensions et le choix des espèces végétales, tandis que les niveaux maximums, évalués sur la base de précipitations extrêmes comme une averse centennale, ont une incidence sur les dimensions et les dispositifs de débordement, le cas échéant. Ces dispositifs doivent toutefois tenir compte des risques d'inondation dans les zones adjacentes.



Plantation

Dans les étangs et les zones humides, il convient de privilégier l'utilisation d'espèces locales afin d'optimiser les résultats en matière de biodiversité et les besoins d'entretien. Les espèces doivent être sélectionnées en fonction de leurs besoins en eau. En général, il faut choisir des espèces végétales qui résistent aux dommages et qui minimisent les besoins de protection et d'entretien.



Géométrie

Les étangs et les zones humides peuvent être conçus selon des formes et tailles très différentes. Les dimensions doivent tenir compte des volumes d'eau opérationnels minimaux et des volumes opérationnels maximaux résultant d'événements pluvieux extrêmes tels qu'une averse centennale. En général, les étangs peu profonds avec des bords en pente douce améliorent l'accès et la sécurité du public.



Moustiques

Les étangs et les zones humides donnent lieu à la formation de masses d'eaux statiques, qui peuvent constituer des environnements propices pour les moustiques. Les maladies transmises par les moustiques peuvent poser d'importants problèmes de santé publique dans les zones d'installation. Les risques liés aux moustiques doivent donc être pris en compte lorsque l'on envisage de mettre en place certains types de solutions de drainage fondées sur la nature dans une zone d'installation.

Entretien

Les étangs et les zones humides ont besoin d'une période d'établissement initiale au cours de laquelle les conditions du sol, notamment le compactage et l'humidité, s'adaptent aux exigences de fonctionnement et la végétation nouvellement plantée s'établit. Des inspections régulières sont nécessaires tout au long de la période de fonctionnement pour s'assurer que les processus anaérobies maintiennent des conditions appropriées et empêchent, par exemple, la prolifération d'algues. Une fois les étangs et zones humides établis, les principaux besoins d'entretien sont liés à la végétation, notamment le désherbage et le débroussaillage saisonniers.

Coûts

Les principaux coûts initiaux associés aux étangs et aux zones humides sont liés à l'excavation et à l'obtention de conditions de sol appropriées, ce qui peut nécessiter des modifications comme l'ajout d'autres terres de granulométrie appropriée. La plantation représente un autre coût initial important, qui peut être optimisé par l'utilisation d'espèces locales et par la culture locale de semis et de jeunes plants en serre. Les coûts permanents sont principalement liés à l'entretien de la végétation, dont l'herbe et autres végétaux.

10 ÉTANGS ET ZONES HUMIDES

Principaux enseignements à retenir

Les étangs et les zones humides créées s'inscrivent dans le cadre des solutions de drainage fondées sur la nature ; ils peuvent offrir certains des mêmes avantages en matière de prévention des inondations et d'environnement, tout en fournissant des espaces de loisirs pour le confort du public.

Les étangs requièrent des conditions de sol et de pluviométrie particulières pour permettre un état humide permettant de favoriser la végétation. Il convient d'y planter en priorité des espèces locales afin d'optimiser les besoins en matière de croissance et d'entretien.

Les maladies transmises par les moustiques peuvent poser d'importants problèmes de santé publique dans les zones d'installation. Les risques liés aux moustiques doivent donc être pris en compte lorsque l'on envisage de mettre en place certains types de solutions de drainage fondées sur la nature dans une zone d'installation.

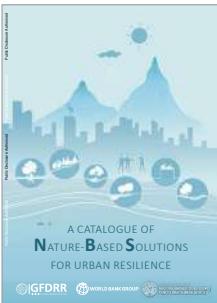
Lectures complémentaires

The SuDS Manual



Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, S., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., Kellagher, R., 2015. The SuDS Manual. CIRIA, Londres.

Ce manuel publié par l'Association de recherche et d'information de l'industrie de la construction du Royaume-Uni (CIRIA) contient des orientations techniques détaillées sur la conception et la mise en œuvre d'un large éventail de solutions de drainage fondées sur la nature. Les orientations techniques comprennent des paramètres de conception et des spécifications. Bien que les informations offertes concernent spécifiquement le Royaume-Uni, le manuel fournit des orientations techniques pertinentes et utiles pour la conception de solutions de drainage fondées sur la nature dans les zones d'installation.



World Bank (Banque mondiale), 2017. Implementing nature-based flood protection - Principles and implementation guidance. World Bank, Washington, DC.

Ce rapport de la Banque mondiale fournit une description générale des SfN, une justification complète de l'intégration de ces solutions dans les environnements urbains et un catalogue qui décrit les caractéristiques, les avantages et les directives techniques pour la mise en œuvre d'un éventail de SfN, parmi lesquelles les étangs et les zones humides. Il traite des SfN dans des environnements urbains formels, principalement des villes bien développées. Néanmoins, un grand nombre de caractéristiques, d'avantages et de directives techniques sont pertinents pour les environnements urbains moins développés, notamment les zones d'installations de populations déplacées.



Plantation de bambous autour de bassins de rétention d'eau à Cox's Bazar (Bangladesh). © UNHCR/Kamrul Hasan

11 SOLUTIONS DE CONSTRUCTION

Description

Les solutions de construction fondées sur la nature désignent généralement des surfaces plantées sur les toitures et les façades des bâtiments, également connues sous les noms de « toitures vertes », « toitures végétalisées », « toits verts », etc., et de « façades vertes », « façades végétalisées », « façades végétales », etc. Ces deux formes de SfN se composent généralement de végétaux et d'un substrat pour la plantation, généralement des couches de terre modifiée. En outre, les toitures et façades vertes peuvent intégrer des systèmes de stockage de l'eau et d'irrigation et, dans le cas des façades vertes uniquement, des systèmes structurels secondaires pour soutenir les plantes en croissance (Banque mondiale, 2021).

On distingue deux catégories de toitures vertes : les toitures vertes extensives et les toitures vertes intensives. Les toitures vertes extensives se caractérisent par des substrats peu profonds, de 2 cm à 15 cm, qui peuvent comprendre plusieurs couches de terre modifiée qui supportent des plantations denses de petites espèces végétales, notamment des plantes herbacées. En principe, les toitures vertes extensives ne peuvent pas assurer d'autres fonctions. Les toitures vertes intensives se caractérisent quant à elles par des substrats d'une profondeur supérieure à 15 cm qui comprennent plusieurs

couches de terre modifiée et qui intègrent souvent des systèmes de stockage de l'eau. Elles peuvent accueillir une plus grande variété de végétaux, sont accessibles et peuvent être utilisées pour d'autres activités telles que le jardinage et d'autres formes de loisirs.

On distingue également deux catégories générales de façades vertes : les façades vertes au sol et les façades vertes apposées. Les façades vertes au sol sont recouvertes de plantes enracinées dans le sol ou dans des jardinières situées sur le sol adjacent au bâtiment. Les façades vertes apposées utilisent des systèmes de revêtement pour soutenir des substrats qui intègrent généralement des systèmes d'irrigation.

Les toitures et façades vertes peuvent être intégrées dans de nouveaux bâtiments ou installées sur des toitures plates de bâtiments existants. Elles impliquent des charges supplémentaires qui doivent être prises en compte dans la conception des structures. Les toitures vertes présentent également des exigences spécifiques en matière d'imperméabilisation. En général, les exigences supplémentaires liées aux toitures et façades vertes augmentent les coûts de construction par rapport aux méthodes conventionnelles.

Applicabilité

Pour une mise en œuvre réussie des toitures et façades vertes, les conditions climatiques locales doivent être propices à la croissance des plantes. Il faut tenir compte du degré d'exposition des plantes en croissance à la lumière du soleil, à l'humidité, à la chaleur et au froid.

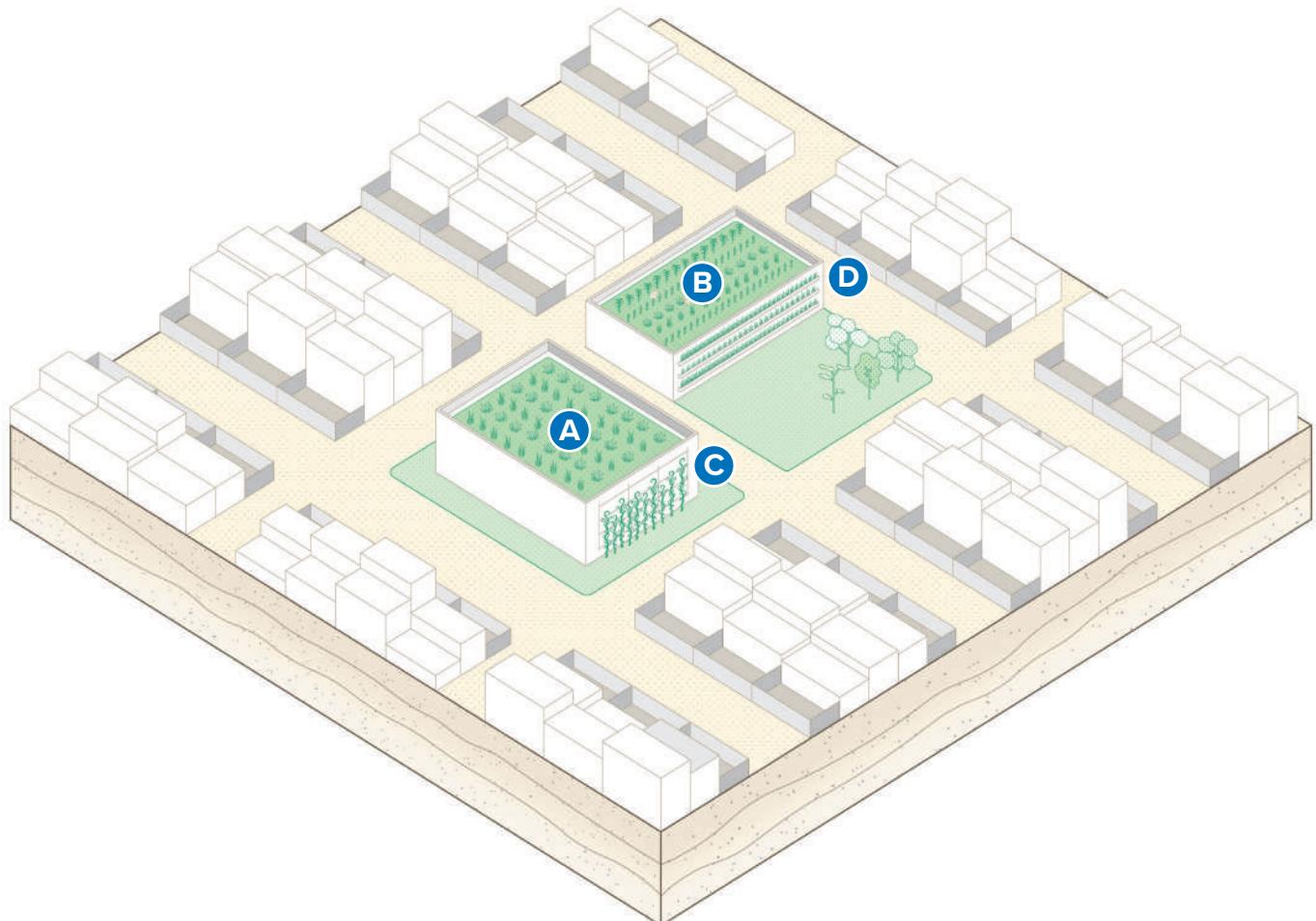
Plusieurs facteurs peuvent limiter l'applicabilité des toitures et façades vertes dans les zones d'installation. Les bâtiments peuvent être conçus pour une durée de vie relativement courte, de sorte que les matériaux et les structures de l'enveloppe du bâtiment peuvent ne pas convenir aux toitures et façades vertes. En raison des exigences supplémentaires en matière de structure et d'imperméabilisation et des coûts supplémentaires y associés, les toitures et façades vertes peuvent ne pas être réalisables dans le contexte de budgets de construction limités et d'horizons d'investissement à court terme. Les substrats spéciaux, les systèmes d'imperméabilisation et les systèmes de stockage de l'eau et d'irrigation peuvent demander des connaissances et des compétences qui ne sont pas facilement disponibles.

A

Les toitures vertes extensives se caractérisent par des substrats peu profonds, de 2 cm à 15 cm, qui peuvent comprendre plusieurs couches de terre modifiée qui supportent des plantations denses de petites espèces végétales, notamment des plantes herbacées. En principe, les toitures vertes extensives ne peuvent pas assurer d'autres fonctions.

B

Les toitures vertes intensives se caractérisent quant à elles par des substrats d'une profondeur supérieure à 15 cm qui comprennent plusieurs couches de terre modifiée et qui intègrent souvent des systèmes de stockage de l'eau. Les toitures vertes intensives peuvent accueillir une plus grande variété de végétaux, sont accessibles et peuvent être utilisées pour d'autres activités telles que le jardinage et d'autres formes de loisirs.



C

Les façades vertes au sol sont recouvertes de plantes enracinées dans le sol ou dans des jardinières situées sur le sol adjacent au bâtiment. Des systèmes structurels légers tels que des câbles peuvent favoriser la croissance des végétaux sur les façades des bâtiments.

D

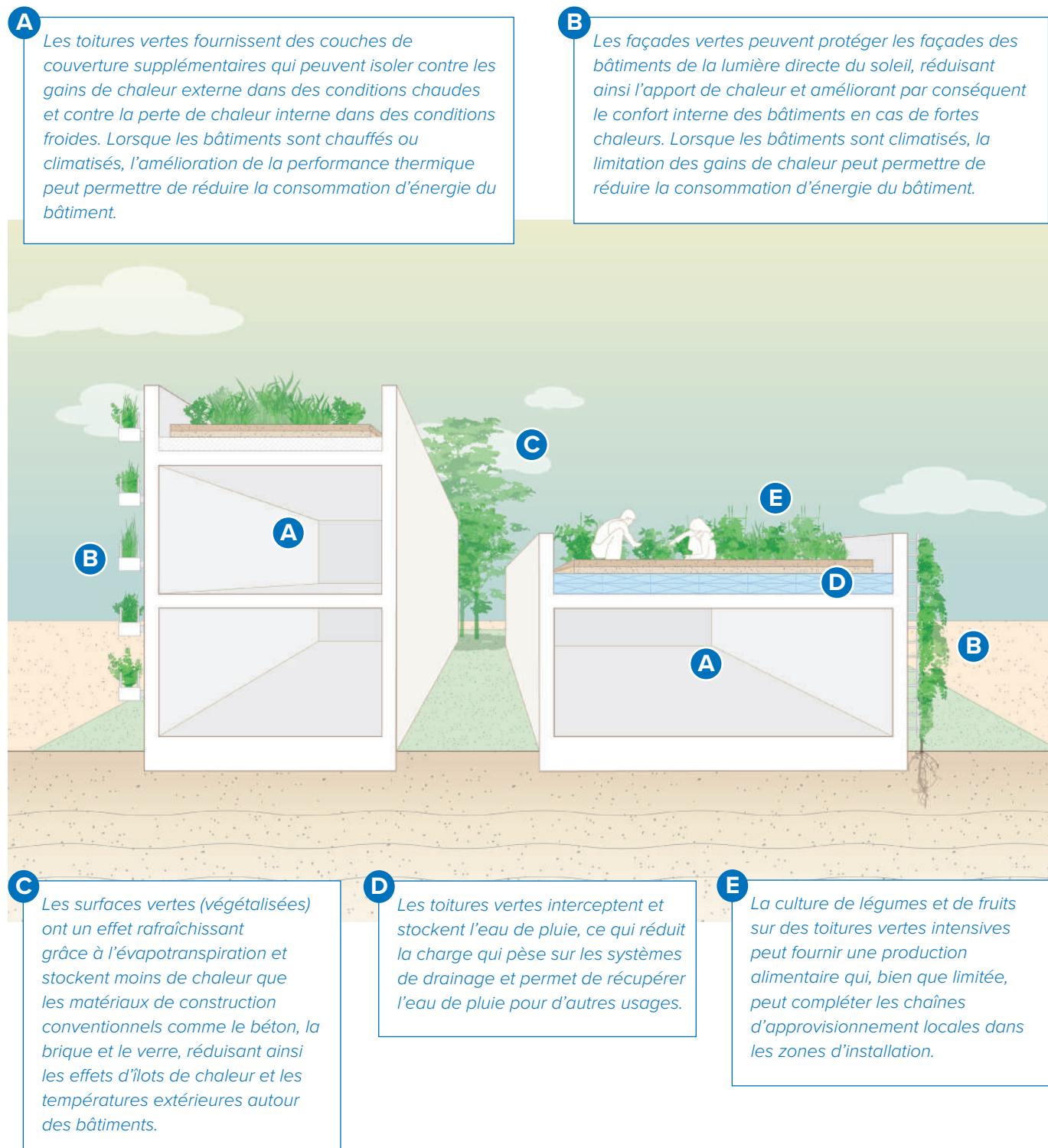
Les façades vertes apposées utilisent des systèmes de revêtement pour soutenir des substrats qui intègrent généralement des systèmes d'irrigation. Les façades vertes apposées sont généralement plus complexes et plus coûteuses que les façades vertes au sol en raison des systèmes de substrat qu'elles intègrent.

11 SOLUTIONS DE CONSTRUCTION

Avantages

Les toitures et façades vertes peuvent apporter des avantages environnementaux et sociaux. Elles peuvent améliorer les performances thermiques (isolation) des bâtiments en réduisant les gains de chaleur et en améliorant le confort à l'intérieur des bâtiments. Elles peuvent également réduire la chaleur stockée et émise, limitant ainsi les effets d'îlot de chaleur et les températures

à l'extérieur et à proximité des bâtiments. Au-delà des considérations esthétiques, les toitures vertes peuvent offrir des espaces extérieurs sécurisés pour les loisirs, ce qui peut être particulièrement utile dans les zones urbaines très densément peuplées.





Réduction des risques d'inondation

L'interception des eaux de pluie réduit les charges qui pèsent sur les systèmes de drainage et contribue à la réduction des risques d'inondation. Les effets combinés de plusieurs toitures vertes peuvent contribuer de manière significative à la réduction des charges de drainage et des risques d'inondation.



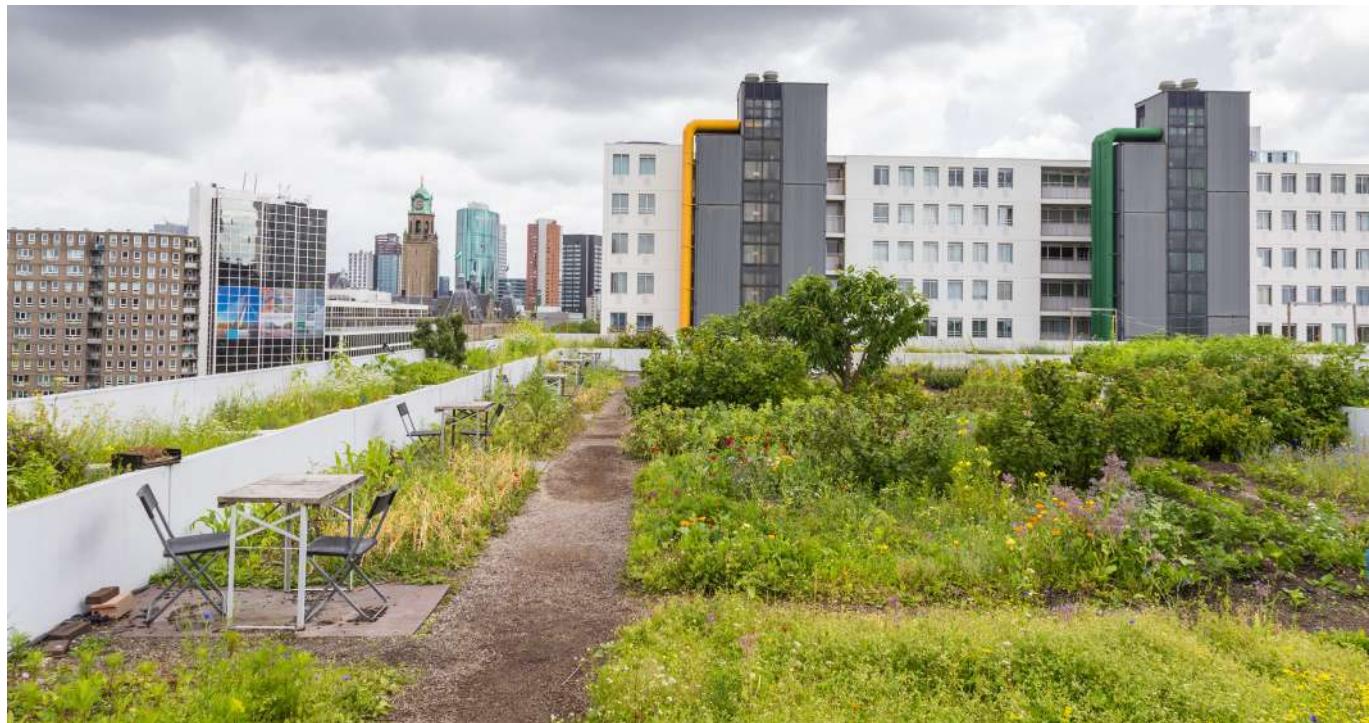
Réduction du stress thermique

L'amélioration des performances thermiques des bâtiments et la réduction des effets d'îlot de chaleur grâce aux toitures et façades vertes contribuent à la réduction du stress thermique dans les environnements urbains densément peuplés.



Interaction sociale

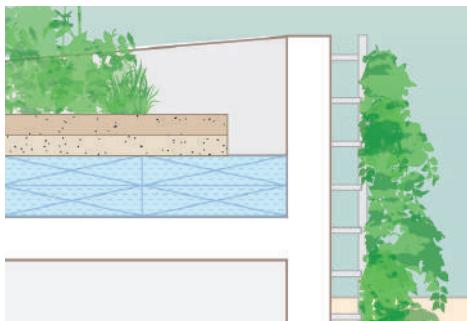
Les toitures vertes intensives fournissent des lieux d'interaction sociale, qui peuvent être limités dans les environnements urbains densément peuplés. Elles offrent un certain degré d'éloignement et, éventuellement, de sécurité, ce qui peut être important pour les groupes vulnérables vivant dans des zones d'installation densément peuplées.



Toiture verte intensive sur un immeuble de bureaux à Rotterdam (Pays-Bas)

11 SOLUTIONS DE CONSTRUCTION

Considérations techniques



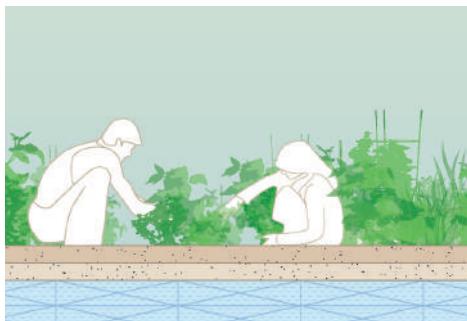
Charges structurelles

Les toitures et façades vertes impliquent des charges structurelles supplémentaires sur les bâtiments qui doivent être prises en compte dans la conception structurelle. Les charges supplémentaires dépendent de la conception et des spécifications de la toiture ou façade verte. Les toitures vertes extensives impliquent généralement des charges supplémentaires de l'ordre de 20 à 190 kg/m². Les toitures vertes intensives peuvent impliquer des charges supplémentaires de l'ordre de 190 à 680 kg/m². Les façades vertes font peser des charges supplémentaires sur les structures primaires et secondaires des murs extérieurs.



Imperméabilisation

Une imperméabilisation fiable et robuste doit être assurée sous le substrat de croissance des systèmes de toitures vertes. L'imperméabilisation doit être testée soigneusement avant la mise en place du substrat et doit être préservée afin de rester intacte jusqu'à ce qu'elle soit entièrement protégée par le substrat et les autres couches. Les systèmes d'imperméabilisation robustes et durables peuvent être coûteux et nécessiter des compétences spécialisées et des précautions pour être correctement installés.



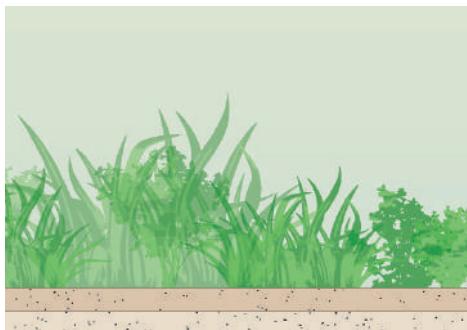
Arrosage et irrigation

Un arrosage suffisant est essentiel au bon développement des toitures et façades vertes. Des systèmes d'irrigation fiables seront nécessaires pour la végétation inaccessible ou pour assurer un arrosage régulier. Des systèmes de captage et de stockage des eaux de pluie peuvent contribuer à l'irrigation. Les systèmes de drainage doivent comprendre des orifices de débordement fiables et une connexion au système d'évacuation des eaux souterrain pour faire face aux précipitations exceptionnelles.



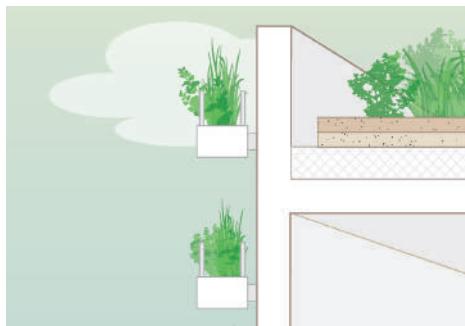
Orientation du bâtiment

L'accès à la lumière du soleil et, à l'inverse, un ensoleillement excessif, peuvent être d'importants facteurs limitants pour la croissance des plantes. L'orientation du bâtiment et les effets de l'ombre des bâtiments voisins doivent être pris en compte pour garantir que les toitures ou façades où se trouve la végétation sont exposées de façon appropriée à la lumière du soleil.



Plantation

Les végétaux doivent être sélectionnés en fonction des conditions climatiques locales, des conditions de croissance sur la toiture ou façade verte et des besoins d'entretien. En général, il convient de choisir des végétaux robustes à croissance fiable et nécessitant un entretien minimal.



Systèmes structurels secondaires

Les façades vertes peuvent nécessiter des systèmes structurels secondaires pour soutenir la croissance des végétaux le long des façades et de part et d'autre de celles-ci. Ces systèmes peuvent comporter des éléments rigides ou flexibles comme des câbles. Ils doivent être conçus en fonction des charges prévues et doivent être fixés aux structures des murs du bâtiment.

Entretien

La végétation de toitures et façades vertes nécessite une inspection et un entretien réguliers afin de s'assurer que les plantes prospèrent dans des environnements difficiles. Compte tenu de l'investissement substantiel dans les éléments de construction supplémentaires et des environnements difficiles que ces éléments impliquent pour la végétation, il est essentiel qu'une inspection régulière permette de repérer les problèmes qui peuvent être traités rapidement, en particulier au cours des premières phases de croissance. Un entretien régulier et saisonnier de la végétation est nécessaire, notamment la coupe de l'herbe, le désherbage et la taille.

Coûts

Les toitures et façades vertes impliquent des coûts supplémentaires par rapport aux constructions conventionnelles. Outre le coût des substrats modifiés et des plantes, ainsi que des systèmes de stockage de l'eau, d'irrigation et de structure secondaire, les charges structurelles supplémentaires et les exigences en matière d'imperméabilisation entraînent elles aussi des coûts additionnels. Les besoins supplémentaires d'entretien par rapport à ceux des systèmes conventionnels d'enveloppe des bâtiments entraînent également des coûts supplémentaires.

11 SOLUTIONS DE CONSTRUCTION

Jardin d'enfants à Biên Hòa Nai (Viet Nam)

Un jardin d'enfants pour les enfants des ouvriers d'une usine de chaussures voisine, à Biên Hòa Nai (Viet Nam), conçu par Vo Trong Nghia Architects et construit en 2015, a pris la forme d'un bâtiment à l'architecture innovante couvert d'une toiture verte prolongeant le paysage naturel. Le jardin situé sur la toiture comprend des espaces de jeu et des zones pour le jardinage et d'autres activités éducatives.

[Pour plus d'informations :](#)



Jardin d'enfants à Biên Hòa Nai (Viet Nam)



Jardin d'enfants à Biên Hòa Nai (Viet Nam)

Principaux enseignements à retenir

Les solutions de construction fondées sur la nature, à savoir les toitures vertes intensives, les toitures vertes extensives, les façades vertes au sol et les façades vertes apposées, ont toutes des exigences techniques différentes.

Les toitures et façades vertes peuvent améliorer les conditions thermiques dans les environnements internes et externes et offrir des aménagements publics qui peuvent être particulièrement utiles dans des environnements urbains très densément peuplés.

Les toitures et façades vertes peuvent être intégrées dans de nombreux bâtiments nouveaux ou existants, mais une conception et une installation soignées sont nécessaires pour garantir que les exigences en matière de structure et d'imperméabilisation sont satisfaites.

Lectures complémentaires

The SuDS Manual



Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, S., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., Kellagher, R., 2015. The SuDS Manual. CIRIA, Londres.

Ce manuel publié par l'Association de recherche et d'information de l'industrie de la construction du Royaume-Uni (CIRIA) contient des orientations techniques détaillées sur la conception et la mise en œuvre d'un large éventail de solutions de drainage fondées sur la nature. Les orientations techniques comprennent des paramètres de conception et des spécifications. Bien que les informations offertes concernent spécifiquement le Royaume-Uni, le manuel fournit des orientations techniques pertinentes et utiles pour la conception de solutions de drainage fondées sur la nature dans les zones d'installation.

Nature-based Solutions Technical Handbook Factsheets



Eisenberg, B., Chiesa, C., Fischer, L., Jakstis, K., Polcher, H.G., 2022.

Nature-based Solutions - Technical Handbook Factsheets. UNaLab Urban Nature Labs, Stuttgart.

Ce rapport, élaboré dans le cadre d'un programme de recherche financé par l'Union européenne, fournit des descriptions et des directives techniques concernant toute une série de SfN en milieu urbain, dont les couloirs verts. La mise en page uniforme des fiches techniques permet de comparer facilement les avantages et les performances des différentes SfN.



Potager incorporé dans une toiture verte intensive

12 RÉFÉRENCES

Akoumianaki, I., Pakeman, R.J., 2023. What is the state of knowledge on the role of biodiversity in the design, delivery and benefits of Nature-Based Solutions? *Biodiversa*.

Asian Disaster Preparedness Center, 2020. Nature-based solutions for landslide risk management. National Building Research Organisation, State Ministry of Internal Security, Home Affairs and Disaster Management, Gouvernement du Sri Lanka.

Browder, G., Ozment, S., Bescos, I.R., Gartner, T., Lange, G.-M., 2019. Integrating Green and Gray: Creating Next Generation Infrastructure. *World Resour. Inst.* <https://doi.org/10.46830/wrirpt.18.00028>

Bush, J., Doyon, A., 2019. Building urban resilience with nature-based solutions: How can urban planning contribute? *Cities* 95, 102483.

Camp Coordination and Camp Management Cluster, 2021. Minimum Standards for Camp Management.

Chausson, A., Turner, B., Seddon, D., Chabaneix, N., Girardin, C.A.J., Kapos, V., Key, I., Roe, D., Smith, A., Woroniecki, S., Seddon, N., 2020. Mapping the effectiveness of nature-based solutions for climate change adaptation. *Glob. Chang. Biol.* 26, 6134-6155.

Coent, P.L., Graveline, N., Altamirano, M.A., Arfaoui, N., Benitez-Avila, C., Biffin, T., Calatrava, J., Dartee, K., Douai, A., Gnonlonfin, A., Héritaux, C., Marchal, R., Moncoulon, D., Piton, G., 2021. Is it worth investing in NBS aiming at reducing water risks? Insights from the economic assessment of three European case studies. *Nat.-Based Solut.* 1, 100002.

Cohen-Shacham, E., Andrade, A., Dalton, J., Dudley, N., Jones, M., Kumar, C., Maginnis, S., Maynard, S., Nelson, C.R., Renaud, F.G., Welling, R., Walters, G., 2019. Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. *Environ. Sci. Polic.* 98, 20-29.

Cuthbert, M.O., Rau, G.C., Ekström, M., O'Carroll, D.M., Bates, A.J., 2022. Global climate-driven trade-offs between the water retention and cooling benefits of urban greening. *Nat. Commun.* 13, 518.

Dorst, H., Jagt, A., vander Runhaar, H., Raven, R., 2021. Structural conditions for the wider uptake of urban nature-based solutions – A conceptual framework. *Cities* 116, 103283.

Eggermont, H., Balian, E., Azevedo, J.M.N., Beumer, V., Brodin, T., Claudet, J., Fady, B., Grube, M., Keune, H., Lamarque, P., Reuter, K., Smith, M., Ham, C. van, Weisser, W.W., Roux, X.L., 2015. Nature-based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe. *GAIA-Ecol. Perspect. Sci. Soc.* 24, 243-248.

Eisenberg, B., Chiesa, C., Fischer, L., Jakstis, K., Polcher, H.G., 2022. Nature-based Solutions - Technical Handbook Factsheets. UNaLab Urban Nature Labs, Stuttgart.

European Commission, 2022. The vital role of nature-based solutions in a nature positive economy.

European Commission, 2021. Evaluating the impact of nature-based solutions.

European Commission, 2015. Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities.

FAO, 2021. Nature-based solutions in agriculture: Sustainable management and conservation of land, water and biodiversity. FAO et The Nature Conservancy.

FAO, Rikolto, RUAF, 2022. Urban and Peri-urban Agriculture Sourcebook - From production to food systems. FAO, Rome.

FEBA, 2021. Nature-based solutions in humanitarian contexts - Key messages.

GFDRR, 2021. Nature-based solutions for disaster risk management.

Greenwalt, J., Bülow, C., Carrillo Silva, D., Francisco, A., Klooste, J., Dudley, R., 2022. Climate Resilience Nature-based Solutions to Build in Informal Areas. UN-Habitat, Nairobi.

Hoffman, J., Henly-Shepard, S., 2022. Nature-based Solutions for Climate Resilience in Humanitarian Action. Sphere, Genève.

Inter Sector Coordination Group, 2022. Cox's Bazaar Site Improvement Catalogue 2.0. IOM, Bangladesh.

IOM, NRC, UNHCR, 2015. Camp Management Toolkit.

IUCN, 2021a. Community Organizing Toolkit on Ecosystem Restoration.

IUCN, 2021b. Engaging citizens in nature-based solutions.

IUCN, 2021c. Planning and delivering Nature-based Solutions in Mediterranean cities - First assessment of the IUCN NbS Global Standard in Mediterranean urban areas.

IUCN, 2021d. Using ecosystem risk assessments science in ecosystem restoration: a guide to applying the Red List of Ecosystems to ecosystem restoration.

IUCN, 2020. IUCN Global standard for nature-based solutions.

IUCN, 2016a. Defining Nature-based Solutions.

IUCN, 2016b. Nature-based Solutions to address global societal challenges.

Jeuken, 2020. Nature-Based Solutions - Projects Implementation Handbook.

Johnson, B.A., Kumar, P., Okano, N., Dasgupta, R., Shivakoti, B.R., 2022. Nature-based solutions for climate change adaptation: A systematic review of systematic reviews. *Nat.-Based Solut.* 2, 100042.

Kõiv-Vainik, M., Kill, K., Espenberg, M., Uuema, E., Teemusk, A., Maddison, M., Palta, M.M., Török, L., Mander, Ü., Scholz, M., Kasak, K., 2022. Urban stormwater retention capacity of nature-based solutions at different climatic conditions. *Nat.-Based Solut.* 2, 100038.

McPhearson, T., Kabisch, N., Frantzeskaki, N. (Eds.), 2023. Nature-Based Solutions for Cities. Edward Elgar Publishing.

Miralles-Wilhelm, F., Iseman, T., 2021. Nature-based solutions in

agriculture: The case and pathway for adoption. FAO et The Nature Conservancy.

Munroe, R., Roe, D., Doswald, N., Spencer, T., Möller, I., Vira, B., Reid, H., Kontoleon, A., Giuliani, A., Castelli, I., Stephens, J., 2012. Review of the evidence base for ecosystem-based approaches for adaptation to climate change. *Environ Evid* 1, 13.

Palomo, I., Locatelli, B., Otero, I., Colloff, M., Crouzat, E., Cuni-Sánchez, A., Gómez-Baggethun, E., González-García, A., Grêt-Regamey, A., Jiménez-Acetino, A., Martín-López, B., Pascual, U., Zafra-Calvo, N., Bruley, E., Fischborn, M., Metz, R., Lavorel, S., 2021. Assessing nature-based solutions for transformative change. *One Earth* 4, 730-741.

Petsani, E., 2022. Engaging with the stakeholders on NBS for Water Treatment. *Multisource*.

Polster, D.F., 2003. *Soil Bioengineering for Slope Stabilization and Site Restoration*.

Reise, J., 2022. Nature-based solutions and global climate protection - Assessment of their global mitigation potential and recommendations for international climate policy. German Environment Agency.

Salbitano, F., Borelli, S., Conigliaro, M., Chen, Y., 2016. *Guidelines on urban and peri-urban forestry*. FAO, Rome.

Shelter Centre, MSF, 2007. *Camp Planning Guidelines*.

Sowińska-Świerkosz, B., García, J., 2022. What are Nature-based solutions (NBS)? Setting core ideas for concept clarification. *Nat.-Based Solut.* 2, 100009.

Sphere (Ed.), 2018. *The Sphere Handbook: Humanitarian charter and minimum standards in humanitarian response*, quatrième édition. éd. Sphere Association, Genève, Suisse.

UN-Habitat, 2023. *Designing for Displacement: A Spatial Guide for Planning Along Seasonal Rivers in Drylands*. UN-Habitat, Nairobi.

UNDRR, 2020. *Ecosystem-Based Disaster Risk Reduction - Implementing Nature-based Solutions for Resilience*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction – Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand.

UNEP, 2022. *Nature-based solutions for supporting sustainable development*. UNEP, Nairobi.

UNEP, 2021a. *A Practical Guide to Climate-resilient Buildings & Communities*. UNEP, Nairobi.

UNEP, 2021b. *Ecosystem Restoration for People, Nature and Climate*. UNEP, Nairobi.

UNEP, 2021c. *Smart, Sustainable and Resilient cities: the Power of Nature-based Solutions*. UNEP, Nairobi.

UNHCR, 2023a. *Emergency Handbook - Camp site planning minimum standards*.

UNHCR, 2023b. *Emergency Handbook - Camp Strategy considerations*.

UNHCR, 2023c. *Emergency Handbook - Site planning for camps*.

UNHCR, 2022a. *Strategic Framework for Climate Action*.

UNHCR, 2022b. *The Masterplan Approach to Settlement Planning - Guiding principles*.

UNHCR, 2021. *Operational Strategy for Climate Resilience and Environmental Sustainability 2022-2025*.

UNHCR, 2015. *Emergency Handbook - Camp Planning Standards (Planned Settlements)*.

UNHCR, Care, 2009a. *FRAME Toolkit 1 - Introduction*.

UNHCR, Care, 2009b. *FRAME Toolkit 2 - Environmental Assessment*.

UNHCR, Care, 2009c. *FRAME Toolkit 3 - Rapid Environmental Assessment*.

UNHCR, Care, 2009d. *FRAME Toolkit 4 - Community Environmental Action Planning*.

UNHCR, Care, 2009e. *FRAME Toolkit 5 - Environmental Indicator Framework*.

UNESCO WAP (Programme mondial de l'UNESCO pour l'évaluation des ressources en eau), 2018. *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2018 : les solutions fondées sur la nature pour la gestion de l'eau*. UNESCO, Paris.

Welden, E.A., Chausson, A., Melanidis, M.S., 2021. Leveraging Nature-based Solutions for transformation: Reconnecting people and nature. *People Nat.* 3, 966-977.

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, S., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., Kellagher, R., 2015. *The SUDS Manual*. CIRIA, Londres.

World Bank (Banque mondiale), 2021. *A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience*. World Bank Group, Washington, D.C.

World Bank (Banque mondiale), 2017. *Implementing nature-based flood protection - Principles and implementation guidance*. World Bank, Washington, DC.

WWF, 2021a. *Making the case for investing in nature-based solutions - A case study from Tshwane*.

WWF, 2021b. *Urban nature-based solutions*. WWF, Genève.



Co-convener by



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC

■ Laboratory of urban & environmental systems **URBES**

EPFL | **EssentialTech**
Centre