



La gestion des eaux pluviales (GEP) en milieu urbain dans les pays en développement

Etat des lieux et pistes de réflexions pour un futur programme de recherche action



Décembre 2013

Contact : Christophe Le Jallé (le-jalle@pseau.org)

Table des matières

A. Introduction	5
B. Revue de la littérature : quels apprentissages ?.....	6
B.1. Des problématiques différentes entre Nord et Sud.....	6
B.2. Aperçu et enjeux de la GEP dans les PED	7
<i>B.2.1. Comment se matérialise la GEP dans les PED ?</i>	<i>7</i>
<i>B.2.2. La GEP en milieu urbain, des enjeux multiples.....</i>	<i>9</i>
<i>B.2.3. Des défis exacerbés par le changement climatique et l'urbanisation</i>	<i>10</i>
B.3. La GEP au cœur des services urbains essentiels	11
<i>B.3.1. GEP et assainissement des eaux usées</i>	<i>11</i>
<i>B.3.2. GEP et gestion des déchets solides.....</i>	<i>12</i>
B.4. Mise en place d'un environnement favorable à la GEP	12
<i>B.4.1. Gouvernance, arrangements institutionnels et coordination</i>	<i>12</i>
<i>B.4.2. Données disponibles</i>	<i>13</i>
<i>B.4.3. Compétences</i>	<i>13</i>
<i>B.4.4. Participation des usagers</i>	<i>13</i>
B.5. Quelles solutions mises en œuvre dans les PED ?.....	14
<i>B.5.1. Une innovation à stimuler.....</i>	<i>14</i>
<i>B.5.2. Approches non-structurelles: stratégies de prévention et de limitation des risques liés aux inondations.....</i>	<i>15</i>
B.6. Economie de la GEP.....	16
<i>B.6.1. Coûts de la GEP</i>	<i>16</i>
<i>B.6.2. Modalités de financement</i>	<i>16</i>
B.7. Une faible prise en compte de l'espace urbain	17
<i>B.7.1. Le foncier en question.....</i>	<i>17</i>
<i>B.7.2. Outils de planification</i>	<i>17</i>
B.8. Conclusion : tout n'est pas question de technique.....	18
C. Quels chantiers de recherche action mettre en œuvre ?	19
C.1. Introduction	19
C.2. Aspects techniques et financiers.....	19
<i>C.2.1. Mieux documenter l'existant</i>	<i>19</i>
<i>C.2.2. Valorisation des eaux de pluie.....</i>	<i>20</i>
<i>C.2.3. Financement</i>	<i>20</i>
<i>C.2.4. Techniques à bas coût.....</i>	<i>20</i>
<i>C.2.5. Développement de l'outil informatique</i>	<i>21</i>
C.3. Aspects territoriaux et sociaux	21
<i>C.3.1. Choix de l'échelle pertinente.....</i>	<i>21</i>

C.3.2. <i>Intégrer la GEP dans une politique de gestion urbaine</i>	21
C.3.3. <i>Documenter les stratégies de contournement</i>	22
C.4. Aspects institutionnels et gouvernance.....	22
C.4.1. <i>Les collectivités locales face à la GEP</i>	22
C.4.2. <i>GEP et autres services essentiels, quelle gestion urbaine ?</i>	22
C.4.3. <i>Participation des usagers</i>	22
D. Références bibliographiques	24
E. Annexes	27
Annexe 1 - Quelles sont les techniques actuelles en matière de gestion des eaux pluviales ?	27
E.1.1. <i>La technique classique : l'évacuation par le réseau</i>	27
E.1.2. <i>Les techniques compensatoires ou alternatives</i>	29
Annexe 2 - La Gestion Intégrée des Eaux Urbaines (GIEU)	35
E.1.3. <i>Plan de développement intégré des bassins versants urbains</i>	36
E.1.4. <i>Gestion intégrée des infrastructures urbaine et services</i>	36
E.1.5. <i>Cadre politique et institutionnel</i>	37
E.1.6. <i>Planification et évaluation des meilleurs options</i>	37

Table des illustrations

Encadrés

Encadré 1 – Aperçu de la gestion des eaux pluviales à Bamako, Mali.....	7
Encadré 2 – Gestion des eaux pluviales à Ziguinchor, Sénégal.....	8
Encadré 3 - Gestion des eaux pluviales par la maîtrise des eaux de ruissellement, Dogondoutchi au Niger.....	15
Encadré 4 – Capitalisation, recherche et expérimentation.....	19

Figures

Figure 1 – Eau stagnante et transmission des maladies : conséquences sur la santé du manque de drainage urbain	10
Figure 2 - Accès à l'assainissement en milieu urbain dans les pays en développement.....	12
Figure 3 – Accès à l'assainissement urbain en Afrique Sub-saharienne.....	12

Acronymes

GEP	Gestion des eaux pluviales
PED	Pays en développement
pS-Eau	Programme Solidarité Eau
SUDS	Sustainable Urban Drainage Systems
UN-Habitat	Programme des Nations Unies pour les établissements humains
WSP	Water and Sanitation Program

A. Introduction

Plus de la moitié de la population mondiale vit en ville, notamment dans les pays en développement (UN-Habitat, 2008). Cette urbanisation sans précédent est caractérisée par le développement d'habitats non planifiés manquant des services les plus essentiels.

L'installation spontanée des nouveaux urbains se fait souvent dans des espaces à risque (bas-fonds, zones inondables, marécages, rivages, etc.) dans lesquels l'absence de gestion des eaux de pluie (GEP) peut entraîner des conséquences graves sur la santé via le contact prolongé avec des eaux contaminées, l'environnement, l'économie ou la sécurité. Le changement climatique renforce ces risques en augmentant la fréquence et l'intensité des aléas climatiques. Dans ces conditions, outre le manque d'accès aux services essentiels, la GEP devient un enjeu crucial de développement dans les zones urbaines des pays en développement.

Malgré l'importance de la gestion des eaux pluviales, définie comme « l'ensemble des mesures prises par l'homme pour mieux maîtriser les volumes et les flux d'eau générés par la pluie et le ruissellement dans les zones urbanisées » (Le Jallé et al., 2009), la réflexion sur la gestion de l'eau en ville est largement dominée par des questionnements sur la desserte en eau potable. De la même manière, l'intérêt croissant pour l'assainissement se concentre essentiellement sur la gestion des eaux usées et prend peu en compte la GEP qui reste, au final, un sujet de second ordre souvent considéré au moment d'évènements ponctuels catastrophiques tels que des inondations.

Pourtant, en contrepoint, la GEP est une préoccupation forte exprimée par de nombreux élus africains comme a pu le constater le pS-Eau dans ses échanges réguliers avec ces derniers. Pour répondre à cette demande, un premier travail de cadrage effectué en 2009 visait à circonscrire la problématique au travers d'une revue de la littérature et à proposer des axes de recherche-action afin d'améliorer les méthodes d'intervention, d'accroître le partage de connaissances et de diffuser des outils à l'attention des décideurs, opérateurs et bailleurs. Néanmoins ce travail n'a pas réussi à provoquer l'émulation nécessaire au lancement d'une dynamique suivie en matière de GEP au sein du pS-Eau.

Ce travail préliminaire reflétait en réalité une tendance générale sur la manière dont est traitée la GEP. En effet, si la littérature sur le sujet, qu'elle soit académique ou opérationnelle, tend à se développer, elle a été largement dominée ces vingt dernières années par des considérations techniques et hydrologiques en proposant des prescriptions techniques sur les modèles d'évacuation et la modélisation des réseaux (Desbordes et Bouvier, 1990 ; Valiron, 1991 ; Cairncross et Ouano, 1991 ; Morel A L'Huissier, 1996 ; Parkinson et Mark, 2005 ; Parkinson et al, 2007 ; Tucci, 2001).

Il s'agira donc dans cette note de cadrage de considérer la GEP non comme un objet essentiellement technique mais au contraire comme un ensemble d'actions demandant à être réintégré dans la manière de faire et de penser la ville, donc dans une perspective d'aménagement urbain, d'une part, et de mettre l'accent sur les processus organisationnels, financiers et institutionnels qui l'entourent au travers d'une approche pluridisciplinaire, sans pour autant oublier l'essentielle technicité des processus, d'autre part.

De manière plus générale, cette note a pour ambition de contribuer à la prise de conscience de l'importance du traitement de la GEP d'une manière holistique et intégrée à la réflexion sur l'eau et l'assainissement, au-delà des problématiques d'accès, et ainsi de permettre au PS-Eau de mobiliser des partenaires techniques et financiers pour mettre en œuvre un programme de recherche action pertinent.

Pour ce faire, une revue de la littérature actualisée (section 1) permettra de définir des pistes de réflexion qui pourront être développées dans le cadre d'un futur programme de recherche-action (recherche/capitalisation/expérimentation) mené par le pS-Eau (section 2).

B. Revue de la littérature : quels apprentissages ?

B.1. Des problématiques différentes entre Nord et Sud

La littérature opérationnelle et scientifique sur la gestion des eaux pluviales en milieu urbain est dense. Animée en France par le laboratoire GRAIE (Groupe de Recherche Rhône Alpes sur les Infrastructures et l'Eau), la réflexion est dominée par des travaux consacrés aux villes du Nord au détriment des villes du Sud. Une rapide revue des échanges tenus dans le cadre des conférences internationales NOVATECH organisées tous les trois ans depuis 1995 illustre bien cette prépondérance dans la mesure où moins d'une dizaine de communications font état de problématiques relevant d'espaces urbains au Sud (Silveira, 2001 ; Goldenfum, 2007 ; Cherrared, 2007 ; Armitage et al, 2010 ; Meva'a, 2013). A l'international, un groupe d'experts travaille sur la question du drainage urbain sous l'égide de l'International Water Association (IWA) et de l'International Association on Hydraulic Engineering and Research (IAHR)¹. Les conférences internationales organisées par l'IWA sur le sujet, et dont la dernière a eu lieu en 2011 à Porto Alegre², sont également très centrées sur les villes du Nord et sur des considérations techniques.

Pourtant, de la même manière que villes du Nord et villes du Sud sont traversées par des dynamiques différentes (les secondes étant caractérisées par une croissance rapide, une planification défailante, un manque de ressources financières et de compétences techniques ainsi qu'une large grande frange de populations pauvres), les préoccupations en termes de GEP ne sont pas les mêmes et n'ont pas suivi la même évolution depuis le début du 19^{ème} siècle.

En Europe, au milieu du 19^{ème} siècle, lors du début de la mise en place des réseaux d'assainissement urbains, les eaux pluviales étaient essentiellement considérées comme une nuisance qu'il fallait évacuer au plus vite de la ville par le biais de réseaux. Le mouvement hygiéniste met ainsi en place les équipements correspondant à une vision sanitaire de l'assainissement.

A partir du milieu du 20^{ème} siècle, la croissance des villes associée à l'évolution des pratiques agricoles donne aux eaux pluviales un nouveau statut, celui d'une menace susceptible d'inonder la ville de façon brutale. Les techniciens développent alors une approche hydraulique consistant à optimiser l'utilisation des réseaux d'évacuation et à les compléter par la construction de grands bassins de retenue permettant l'écrêtement des pointes de débit.

Dans les années 80, la montée en puissance des préoccupations environnementales amène à s'intéresser à la pollution véhiculée par les eaux de ruissellement et plus encore par les eaux des réseaux unitaires. De plus, on assiste à une prise de conscience du fait que, bien souvent, les réseaux classiques d'assainissement ne suffisent plus à réguler toutes les eaux pluviales. De nouvelles techniques, dites alternatives ou compensatoires, sont alors mises en pratique, visant à compléter l'approche hydraulique par une approche régulatrice et environnementale.

Aujourd'hui, devant la menace de la raréfaction des ressources, la nécessité de mieux prendre en compte l'environnement, de mieux gérer les coûts et de maîtriser les flux rejetés, il s'agit de valoriser les eaux pluviales, dorénavant considérées comme une ressource (Chocat, 2010), et de favoriser leur infiltration sur place afin de recharger les nappes et plus généralement de contribuer à la protection de l'environnement (Chocat, 2008). Ce changement de paradigme contribue au développement et à la mise en œuvre de nombreuses innovations techniques permettant de valoriser la ressource (Ricard et al, 2010). Trois types de valorisation des eaux pluviales sont désormais envisagés : elles peuvent être à la fois considérées comme une ressource

¹ <http://www.iwahq.org/8m/communities/specialist-groups/list-of-groups/urban-drainage.html>

² <http://www.acquacon.com.br/icud2011/en/index.php>

supplémentaire dans un contexte de raréfaction, comme une ressource paysagère et urbaine, ou dans une perspective climatique pour réguler la température en milieu urbain (Chocat, 2008). Dans ce cadre, les « *sustainable urban drainage systems* » (SUDS) sont aujourd'hui l'objet d'un intérêt international renouvelé (Marsalek et Chocat, 2002), même si largement centré sur les villes du Nord. En parallèle de cette évolution de paradigme, on constate que la tendance est à considérer la GEP dans une perspective plus large d'aménagement urbain.

Ainsi, depuis le début du 19^{ème} siècle, les réflexions sur les eaux pluviales en milieu urbain au Nord ont radicalement évolué. A l'inverse, dans de nombreux pays en développement, l'approche hygiéniste héritée de la vision européenne et consistant à l'évacuation rapide des écoulements est encore de rigueur et les ouvrages existants de GEP traduisent ces préoccupations. Considérer les eaux de pluie comme ressource et non comme contrainte reste à ce stade une vision peu développée et, au mieux, un exercice théorique peu convaincant (Meva'a, 2013), même si l'idée d'une « gestion intégrée de l'eau urbaine » émerge progressivement (World Bank, 2012).

B.2. Aperçu et enjeux de la GEP dans les PED

B.2.1. Comment se matérialise la GEP dans les PED ?

De quoi parle-t-on lorsque l'on parle de GEP dans les PED ? Sans rentrer en détail dans des considérations techniques exposées en Annexe 1, cette section propose un aperçu général préalable à toute autre considération.

Dans les PED, la GEP en milieu urbain est généralement considérée comme déficiente, voire absente. Les réseaux d'assainissement pluvial, quand ils existent, ne desservent que les quartiers les plus centraux ou les plus riches et, du fait d'un manque chronique d'entretien et de maintenance, sont en très mauvais état.

La plupart des ouvrages datent de la colonisation et sont constitués par des collecteurs à ciel ouvert dont l'orientation est généralement calquée sur celle des voiries (Desbordes, Bouvier, 1990), même si les équipements les plus modernes peuvent utiliser le drainage souterrain. L'entretien et la maintenance étant défectueux, les ouvrages de GEP sont fréquemment bouchés par des déchets solides (débris, sacs plastiques, etc.) ou des sédiments, résultats de la négligence humaine ou de l'érosion. Les coûts de curage et de nettoyage des ouvrages peuvent ainsi considérablement augmenter les coûts d'entretien.

Dans la plupart des capitales africaines, et notamment dans les quartiers centraux et administratifs, les eaux pluviales sont gérées par des réseaux séparatifs mis en place via des réseaux de caniveaux à ciel ouvert, les eaux domestiques et industrielles étant recueillies par un autre réseau (Hinojosa, 1987).

Dans les quartiers périphériques non planifiés, l'eau s'écoule le long de ravines naturelles qui ne permettent pas d'évacuer la totalité des eaux de ruissellement en cas de forte pluie. Ces eaux se chargent en polluants (eaux usées, déchets, sédiments) et représentent un vecteur de risque important tant au niveau sanitaire, économique qu'environnemental. Les encadrés 1 et 2 ci-dessous donnent un aperçu de la GEP dans deux villes ouest-africaines : Bamako (Mali) et Ziguinchor (Sénégal).

A l'instar d'autres services urbains, la GEP est donc mise en œuvre de manière différenciée en fonction des espaces urbains concernés, suivant ainsi un découpage centre/périphérie (Reynaud, 1995) et épousant les lignes de la planification urbaine.

Encadré 1 – Aperçu de la gestion des eaux pluviales à Bamako, Mali

« La collecte et l'évacuation des eaux de ruissellement se font par un réseau de caniveaux et de collecteurs à ciel ouvert. Elles sont rendues difficiles par l'occupation anarchique de l'espace et par l'utilisation du réseau à d'autres fins: rejet des eaux usées domestiques et industrielles, dépotoirs d'ordures et de boues de vidange, et parfois même lieux de défécation. Cela entraîne l'obstruction ou la disparition du réseau, la stagnation des eaux et

des ordures vectrices de maladies, et cause parfois des inondations. L'entretien n'est pas régulier : il n'intervient en général qu'à la veille des premières pluies. Les conséquences sont sanitaires et environnementales. Dans la plupart des zones semi urbaines et rurales, le système d'évacuation des eaux pluviales est inexistant. Quand il existe, il est construit de telle façon que l'eau de pluie s'écoule directement de la rue vers les caniveaux. Dans le cas des rues bitumées, cette évacuation s'effectue assez bien. Cependant, la plupart des rues sont en terre (ou sablonneuses au Nord du pays) et ont une très faible pente transversale, ce qui favorise là encore le comblement des ouvrages.»

« Le sous-dimensionnement des équipements est manifeste. Leur couverture est préconisée par les nombreux projets en cours pour éviter les rejets de déchets solides. A l'origine le choix de l'ouverture, outre le coût, devait permettre de faciliter leur entretien. Mais leur curage, dont la tâche incombe très généralement à des groupes privés, soutenus parfois par l'initiative de certains ménages, est peu fréquent voir absent dans de nombreux quartiers. Des campagnes plus générales de curage sont lancées avant la saison des pluies, mais les moyens à disposition et l'absence de solutions pour l'évacuation des boues restent limitant. »

Source : (Global Sanitation Fund, 2009) et (Beauvoir, 2009)

Encadré 2 – Gestion des eaux pluviales à Ziguinchor, Sénégal

Le réseau de drainage des eaux pluviales « est limité au quartier du port, tandis que les eaux pluviales des autres quartiers se déversent dans un canal naturel qui traverse la ville. Un canal en béton, à l'état actuel très dégradé, a été réalisé, il y a plusieurs années, dans la partie terminale de l'impluvium. Malheureusement, les eaux usées en différents endroits sont souvent déversées dans le réseau des eaux pluviales en créant de graves problèmes d'insalubrité aussi bien par les stagnations locales que par le déversement direct dans la partie du fleuve en face de la ville. En effet, l'occupation progressive du sol n'ayant pas bénéficié de mesures d'accompagnement de plan d'urbanisation, il s'avère nécessaire d'améliorer les conditions d'écoulement des eaux tombées à l'intérieur de la ville par un réseau de collecte. »

« Dans les quartiers dépourvus d'ouvrages, la gestion des eaux de ruissellement constitue un problème majeur pour leurs habitants, obligés durant l'hivernage de développer des stratégies pour faire face aux quantités importantes d'eau, (ouverture de tranchées, pose de sacs de sable). Une partie de ces quartiers n'étant pas lotie, toute réalisation d'ouvrages d'assainissement, doit être précédée d'opérations de dégagement des rues et/ou de lotissement. »

Source : (Facilité Africaine pour l'Eau, 2007) et (Darsaut, 2004)

Les facteurs naturels impactent massivement le design et l'efficacité de la GEP, notamment le régime pluviométrique, les caractéristiques du bassin versant, la nature et la perméabilité du sol, la présence de cours d'eau, etc. Dans les PED, ces conditions pèsent plus qu'ailleurs sur la GEP (Parkinson et Mark, 2005, Morel à l'Huissier, 1996 ; Valiron, 1991). En effet, dans les pays situés en zones sahélienne, tropicale ou équatoriale, les averses présentent des intensités 3 à 4 fois supérieures aux précipitations en zone tempérée, ce qui rend l'évacuation des eaux pluviales en milieu urbain plus difficile et plus coûteuse, nécessitant le dimensionnement d'ouvrages de drainage souvent deux fois plus grands que dans les pays au climat tempéré, et limitant parfois l'impact de certaines solutions de stockage ou d'infiltrations alternatives ayant des capacités limitées (Morel à l'Huissier, 1996). Par conséquent, pour un même niveau de protection, les investissements nécessaires sont considérablement plus élevés en Afrique qu'en Europe, et ce alors que les capacités d'investissement sont plus faibles (Desbordes, Bouvier, 1990).

D'autres contraintes « comportementales » affectent le fonctionnement des ouvrages de GEP avec notamment le déversement des eaux usées et des déchets par la population dans les canaux (Morel à l'Huissier, 1996).

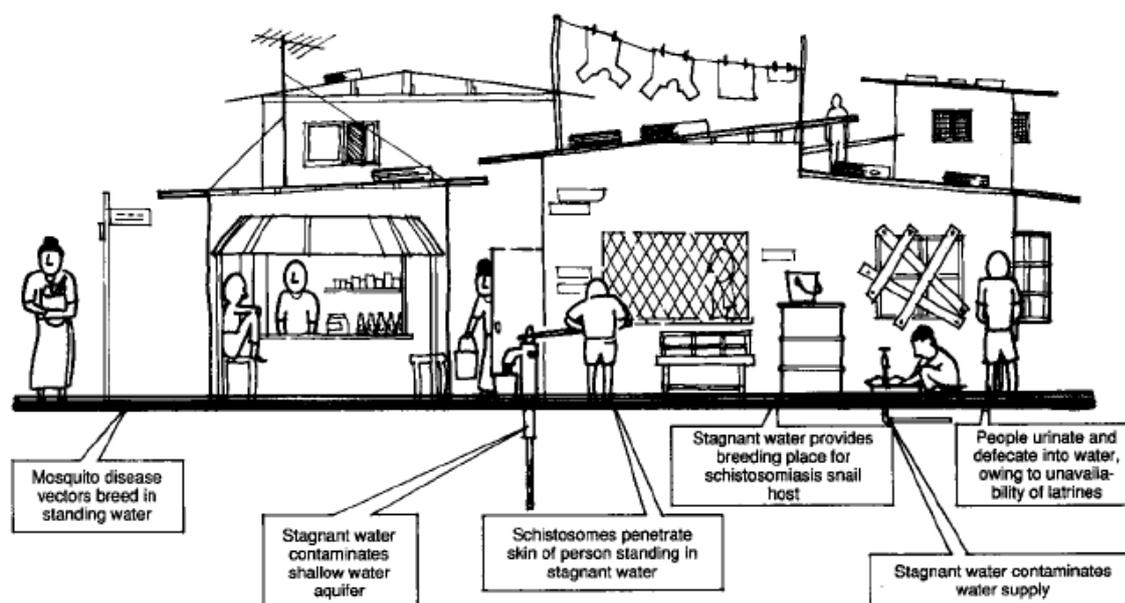
B.2.2. La GEP en milieu urbain, des enjeux multiples

Même si les précipitations constituent un élément vital pour l'homme et son environnement (rechargement des rivières, nappes souterraines, développement de la végétation, etc.), les épisodes pluvieux génèrent des volumes d'eau parfois difficilement maîtrisables, s'accumulant dans les points bas en inondant des zones habitables et créant des mares stagnantes.

Ces épisodes pluvieux, si mal gérés, peuvent provoquer des effets multiples ayant un impact sur la santé, les biens matériels, le développement économique et l'environnement (Cairncross et Ouano, 1991). Ces derniers sont brièvement résumés ci-dessous :

- **Santé.** La prolifération des maladies peut provenir d'un contact direct avec de l'eau utilisée pour la boisson, la cuisine, le nettoyage et la toilette contaminée par des parasites ((ascaris, trichocéphale, ankylostomiase dont les inondations peuvent disperser leurs œufs et favoriser leur développement), polluants chimiques ou organiques (contamination des sources d'eau potable par infiltration d'eaux usées ou des cours d'eau par la décharge d'eau pluviale contaminée). Dans ce cadre, la pollution provenant du débordement des latrines et des égouts peut provoquer une pollution fécale et la prolifération de maladies féco-orales obtenues par la consommation d'eau ou d'aliments contaminés (choléra, typhoïde, etc.). Par ailleurs, la persistance de sols humides et la stagnation de l'eau favorise le développement de vecteurs porteurs de maladies, notamment les moustiques. Certaines études ont montré la corrélation entre mauvais drainage urbain et l'augmentation des maladies hydriques (Reed, 2012). L'impact sur la morbidité humaine est également important : à Conakry, par exemple, le taux de morbidité passe de 6,9% en fin de saison sèche à 10,3% en fin de saison des pluies (Morel à l'Huissier, 1996). De manière générale, la figure 2 ci-dessous résume les différents circuits possibles de contamination en cas de mauvais drainage des eaux pluviales.
- **Foncier et équipement urbain.** Les écoulements brutaux d'eaux pluviales et la stagnation de l'eau suite à un épisode pluvieux sont des facteurs majeurs de détérioration, voire de destruction du milieu urbain. Les principaux enjeux de la gestion des eaux pluviales dans ce contexte sont donc à la fois de maintenir la stabilité des terrains urbanisés ou urbanisables face aux risques de glissements de terrain, résultats combinés des phénomènes d'érosion et d'inondation des sols, et d'empêcher la dégradation ou la destruction des habitations, des bâtiments et équipements publics ou fournissant les services de base (eau potable, assainissement, énergie, etc.) et des voiries.
- **Développement économique.** L'inondation des routes et des bâtiments peut causer des perturbations dommageables pour la vie humaine et les activités économiques. La GEP doit donc également intégrer la préservation des équipements publics à caractère commercial (marchés, gares routières, etc.) ainsi que les équipements privés à caractère industriel, économique et commercial qui sont le support de l'activité économique de la plupart des centres urbains.
- **Environnement.** Les eaux pluviales se chargent de polluants (au contact des eaux usées, déchets solides et lors du lessivage des routes) et sont ensuite le plus souvent rejetées sans traitement dans le milieu naturel, entraînant la contamination de ce dernier. L'érosion et la sédimentation sont également fréquentes. A Zinder par exemple, les caniveaux qui permettent l'écoulement des eaux de pluie aboutissent sur des bassins de régulation répartis à des points stratégiques de la ville mais qui, comblés au fur et à mesure par des déchets, n'assurent plus la protection contre les ruissellements excessifs et contaminent la nappe (Eau Seine Normandie, 2011). La contamination croisée de l'eau en cas d'évènements pluvieux non maîtrisés est développée dans l'encadré 3 ci-dessous.
- **Social.** Des études récentes montrent que la GEP peut également avoir une composante sociale importante liée par exemple au prestige social de vivre dans des quartiers salubres, ou au contraire être la cause de certains formes de distanciation du lien social, s'exprimant par exemple par des difficultés à marier ses enfants lorsque les familles résident dans des quartiers où la GEP est défaillante (Reed, 2012).

Figure 1 – Eau stagnante et transmission des maladies : conséquences sur la santé du manque de drainage urbain



Source : (Cairncross et Ouano, 1991)

B.2.3. Des défis exacerbés par le changement climatique et l'urbanisation

B.2.3.1. Changement climatique

Le changement climatique se matérialise par l'augmentation et la multiplication d'évènements météorologiques extrêmes et peut provoquer des épisodes de pluies plus intenses et plus fréquents ayant pour conséquence l'augmentation du ruissellement et des inondations.

Globalement, la vulnérabilité au changement climatique, définie comme le résultat de l'exposition et de la sensibilité d'un système aux effets négatifs de l'aléa climatique et de la capacité d'y faire face (GIEC, 2007), notamment en milieu urbain, est en augmentation et touche principalement les populations pauvres (Satterwhaite et al, 2007). En Afrique de l'Ouest, il a été estimé que 770 000 personnes ont été touchées par les inondations durant le seul été 2009 (OCHA, 2009). Dans ce cadre, la mise en place de stratégies de gestion des risques se développent (Satterwhaite et al, 2007).

Il ne s'agit pas ici de s'intéresser exclusivement à ces stratégies de réponse à des évènements exceptionnels mais aussi et surtout à la GEP dans le cadre d'épisodes pluvieux ordinaires en considérant que le changement climatique pourrait avoir un impact sur ces derniers, en termes de fréquence ou d'intensité. La pression du changement climatique rend en effet nécessaire la mise en place d'actions concrètes pour réduire la vulnérabilité aux aléas climatiques et pouvoir garantir des conditions de vie dans des espaces sains à une large partie de la population mondiale.

B.2.3.2. Urbanisation

L'exposition aux risques augmente en raison de l'urbanisation croissante, notamment dans les PED. UN-Habitat estime qu'aujourd'hui la moitié de la population mondiale vit en ville (UN-Habitat, 2008).

Cette urbanisation sans précédent est caractérisée par la construction spontanée et le développement d'établissements humains non planifiés souvent installés dans des zones peu propices à l'habitat (bas-fonds, zones inondables, marécages, rivages, etc.) et « illégaux » qui absorbent une population à la recherche d'opportunités économiques. Au cours des 50 dernières années, la population mondiale vivant dans les bidonvilles est passée de 35 millions à plus d'un milliard et il est estimé que la majorité de la population urbaine d'Afrique et d'Asie du Sud vit dans ces espaces (UN-Habitat, 2008). UN-Habitat estime qu'à l'échelle du globe plus de 40% des

urbains vivent dans des bidonvilles³, cette proportion allant jusqu'à 70 % en Afrique subsaharienne (UN-Habitat, 2008). Toutefois, si le terme de « bidonvilles » est largement utilisé pour qualifier le développement urbain dans les PED, il masque des réalités très hétérogènes et une multitude de situations parfois peu comparables.

Cette urbanisation croissante entraîne l'augmentation du taux d'imperméabilisation des sols : l'eau n'est alors plus absorbée par le sol, mais ruisselle, augmentant les quantités d'eau à traiter, et empêchant le rechargement des nappes souterraines. Il est estimé qu'une ville ayant une densité d'habitat peu élevée peut infiltrer jusqu'à 35% des eaux de ruissellement, tandis qu'une ville à densité élevée n'en infiltre que 10%.

Les approches conventionnelles sont souvent inappropriées dans les bidonvilles dans la mesure où elles ne prennent pas en compte le caractère illégal et non-planifié de ces espaces, omettent de considérer la notion de risque et l'absence de démarcation entre espace public et privé (Parkinson, 2003). Pourtant, leurs caractéristiques, qu'elles soient physiques, légales, sociales ou économiques, imposent de trouver de nouveaux modèles pour la mise en œuvre d'une GEP apte à préserver les habitants des impacts négatifs du ruissellement des eaux de pluie. Compte tenu de l'importance du processus d'urbanisation, le développement de modèles innovants, en termes techniques et au-delà, est un besoin urgent. Certains auteurs ont en effet montré qu'une approche technique et technicienne ne suffit pas et que la prise en compte des usagers et des caractéristiques de ces quartiers est nécessaire (Armitage et al, 2010).

Si la vulnérabilité face aux événements pluvieux est accrue dans les espaces non planifiés, il ne s'agit pas d'isoler ces quartiers mais au contraire de considérer la ville dans son ensemble en matière de gestion des eaux pluviales.

B.3. La GEP au cœur des services urbains essentiels

La GEP ne peut être traitée isolément, de la même manière que l'assainissement des eaux usées ou la gestion des déchets solides, et demande au contraire d'être intégrée dans un ensemble plus large de services urbains du fait de leurs interdépendances.

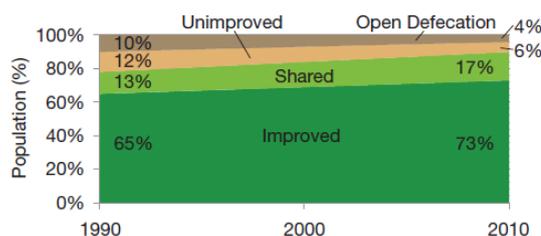
B.3.1. GEP et assainissement des eaux usées

L'absence de maîtrise foncière et un drainage inefficace des eaux pluviales peuvent être source d'inondations qui vont à leur tour rendre les infrastructures souterraines d'assainissement inopérantes (fosses des latrines, fosses septiques, égouts, etc.) et contaminer le milieu. A l'inverse, la défaillance du service d'assainissement des eaux usées peut provoquer des interférences entre eaux pluviales et eaux usées. En saison sèche, l'intrusion d'eaux usées stagnantes dans le système d'évacuation pluvial crée d'importants problèmes en termes d'odeurs et de salubrité. Durant la saison des pluies, les eaux pluviales se mélangent à ces mêmes eaux usées et aux ordures, contaminant les zones inondées et le milieu naturel.

La GEP peut donc avoir un impact sur les efforts, certes disparates entre les différentes régions du monde (voir figures 2 et 3 ci-dessous), réalisés ces dix dernières années en matière d'assainissement urbain. Permettre aux plus de 2,6 milliards de personnes n'ayant toujours pas accès à des installations d'assainissement (JMP, 2013) est donc dans une certaine mesure conditionné par une gestion des eaux pluviales efficace. Il est donc nécessaire de s'assurer que, en même temps que des progrès sont réalisés en termes d'assainissement des eaux usées, une GEP efficace soit mise en place.

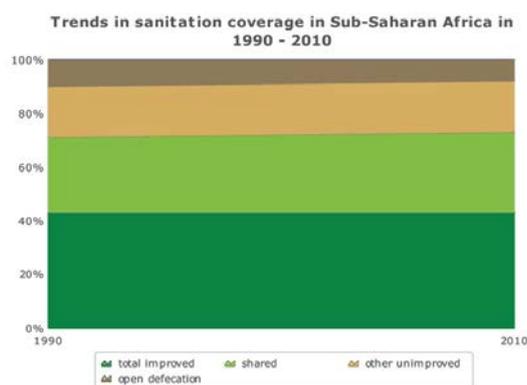
³ Selon UN Habitat (2003, p.12), un « foyer » des bidonvilles est défini comme « un groupe de personnes vivant sous le même toit et ne bénéficiant pas de l'une des conditions suivantes : l'accès à l'eau potable, l'accès à l'assainissement, un logement durable, une surface habitable suffisante et la sécurité de l'occupation ».

Figure 2 - Accès à l'assainissement en milieu urbain dans les pays en développement



Source : (JMP, 2013)

Figure 3 – Accès à l'assainissement urbain en Afrique Sub-saharienne



Source : (JMP, 2013)

B.3.2. GEP et gestion des déchets solides

De la même manière, une gestion défaillante des déchets solides conduit au blocage des systèmes de drainage, aggravant les risques d'inondations et provoquant une accentuation du risque sanitaire. Par conséquent, comme cela a déjà été démontré, une gestion efficace des déchets solides est nécessaire pour permettre le fonctionnement du drainage des eaux de pluie (UN-Habitat 2010).

Les interférences entre ces différents services imposent de penser la GEP de manière intégrée avec les autres services urbains essentiels, notamment l'assainissement et les déchets solides.

B.4. Mise en place d'un environnement favorable à la GEP

B.4.1. Gouvernance, arrangements institutionnels et coordination

La GEP, sujet encore largement considéré comme relevant de l'ingénierie, est très peu analysée en termes de gouvernance (Armitage, 2011). Pourtant, dans de nombreuses villes, le manque de coordination et l'extrême fragmentation institutionnelle de sa gestion entre différents ministères (urbanisme, environnement, gestion des routes, gestion des déchets, santé, etc.) rend son pilotage délicat et peu performant. Pour contrer cette défaillance, certaines collectivités africaines se sont dotées d'une cellule « Maîtrise des Eaux de Ruissellement » (c'est le cas par exemple de Dogondoutchi au Niger) (RAIL Niger, 2012), constituée, notamment, de personnel en charge du service environnement, du service foncier et du génie rural. Ce type de collaboration permet de faire les liens nécessaires entre les différents corps de métiers intervenant dans le développement des services. Plus largement, pour certains auteurs (Armitage, 2011), le défi de la GEP est avant tout lié aux capacités, notamment financières et techniques, des autorités locales à créer les conditions favorables à la mise en place de services urbains performants.

Par ailleurs, les politiques de décentralisation, encore embryonnaires dans de nombreux pays, renforcent cette confusion dans la mesure où le transfert des responsabilités en termes de gestion des services n'est pas accompagné d'une définition claire de ces dernières vis à vis de la gestion des eaux pluviales entre Etat et collectivités locales.

Au-delà, une stratégie de GEP, pour être efficace, devrait impliquer et prendre en compte les attentes et besoins de parties prenantes aux intérêts et priorités différents en matière de planification du drainage urbain. Des essais de planification participative reposant sur plusieurs choix de modèles de développement du drainage urbain et la participation de plusieurs groupes de parties prenantes (habitants des bidonvilles, grand public, municipalité, agriculteurs et entreprises) ont été entrepris au Népal (Bhattarai et Neupane, 2001), démontrant une sensibilité différente des différents acteurs à certains aspects relatifs au drainage urbain.

Il existe donc un enjeu fort de coordination et de gouvernance s'agissant de la GEP en milieu urbain. Une approche à la fois plus coordonnée des responsabilités souvent éclatées entre différents ministères et plus holistique considérant la GEP comme faisant partie d'un ensemble plus large d'interventions publiques (eau, assainissement, gestion des déchets, aménagement, etc.) est nécessaire (Reed, 2012 ; Armitage, 2011 ; Parkinson, 2003). Si la Gestion Intégrée des Eaux Urbaines (GIEU), basée sur les principes de la Gestion Intégrée des Ressources en Eaux (GIRE), permet d'aborder l'ensemble des problématiques liées à l'eau urbaine de manière intégrée à l'échelle du bassin versant (voir Annexe 2 pour une description détaillée), sa mise en application concrète dans les PED s'avère souvent difficile. Toutefois, l'émergence d'une approche plus intégrée devrait permettre de focaliser l'attention non pas uniquement sur l'accès à l'eau potable et à l'assainissement quand il s'agit d'eau urbaine mais d'y intégrer la gestion des eaux pluviales.

B.4.2. Données disponibles

Les organismes concernés par la gestion des eaux pluviales manquent souvent des données de base pour dimensionner des réseaux adaptés aux événements pluvieux. Dans de nombreux pays africains, les données pluviométriques sont régulièrement absentes, obsolètes ou non accessibles. De la même manière, la qualité des données disponibles peut être sujette à controverse en raison du manque de fiabilité associée aux équipements de mesure ou aux dispositifs de collecte des données. A Porto Alegre, il a été démontré que le développement du schéma directeur de drainage urbain est freiné notamment par le manque de données hydrologiques (Goldenfum, 2007). Le manque de données fiables peut conduire à sous-dimensionner les réseaux de drainage (Morel A l'Huissier, 1996).

De la même manière, l'absence de données sur les facteurs de risque en milieu urbain (risques d'origine naturelle, anthropiques, sociaux, sanitaires ou environnementaux) fragilise la maîtrise de la GEP.

B.4.3. Compétences

Un certain nombre d'auteurs déplore le manque de connaissances spécifiques sur la GEP dans les PED. Cette déficience se matérialise notamment par une absence de cours sur le sujet dans les formations universitaires et une information très technique et axée sur les pays du Nord, et ce alors même que l'exportation de la technologie a montré ses limites (Reed, 2004).

Pour ces mêmes auteurs, il est nécessaire de développer des documents pédagogiques et des formations dans différents domaines non nécessairement techniques (ingénieurs, sensibilisation du public, finance, législation, etc.) pour renforcer la mise en œuvre d'une GEP efficace. Au-delà, une meilleure formation des responsables des services urbains permettrait une meilleure coordination de différents services publics hautement corrélés, notamment, l'eau, l'assainissement et les déchets solides (Reed, 2004).

B.4.4. Participation des usagers

Les avantages de la participation des usagers à la planification au travers de l'expression de leurs attentes et de la compréhension des enjeux locaux, à la construction et à la maintenance des infrastructures de GEP pour améliorer leur durabilité est soulignée par de nombreux auteurs

(Cairncross et Ouano, 1991 ; Parkinson, 2003 ; Parkinson et Mark, 2005). En amont, la sensibilisation des populations aux avantages socio-sanitaires, économiques et environnementaux de la GEP est jugée indispensable à une bonne adhésion aux projets (Cairncross et Ouano, 1991).

De manière concrète, l'expérimentation d'une approche participative dans le cadre d'un projet d'assainissement des eaux usées et pluviales mis en place dans le quartier Melen IV à Yaoundé a montré que la participation des habitants à la planification et à la mise en œuvre du projet est un élément essentiel pour en assurer le succès à l'échelle locale (Ngnikam et al, 2002). Au Bangladesh, il a été démontré qu'au-delà de la construction d'infrastructures, l'implication des habitants permet une meilleure gestion des inondations, notamment dans le cadre de la mise en place de mécanismes d'alertes (Faisal et al, 1999). A Indore en Inde, les habitants ont développé spontanément un système de prédiction des inondations, basé sur l'intensité et la durée des pluies, qui leur permet, en cas d'alerte, de procéder à une évacuation rapide (Stephens et al, 1996).

Toutefois, certains auteurs approchent avec réserve la participation des usagers et prônent une implication limitée à la gestion des eaux de pluie considérée avant tout comme une responsabilité des autorités locales qui doivent fournir un cadre et, le cas échéant, des matériaux appropriés à l'entretien et à la maintenance des ouvrages (Reed, 2012).

B.5. Quelles solutions mises en œuvre dans les PED ?

B.5.1. Une innovation à stimuler

Les limites du modèle « réseau » ont été démontrées en termes de GEP dans les PED du fait de contraintes climatiques fortes, de données liées à l'urbanisation, au coût des infrastructures, au financement et aux défaillances institutionnelles (Morel à L'Huissier, 1996). Toutefois, l'innovation et l'emploi de techniques alternatives et durables en matière de GEP en milieu urbain dans les PED (bassin de rétention ou de détention, techniques privilégiant l'infiltration, etc.) est peu développée et documentée. Les quelques exemples ci-dessous offrent un panorama des techniques développées, notamment en termes de récupération et d'infiltration des eaux de pluie.

B.5.1.1. Collecte de l'eau pluviale pour les besoins domestiques

Dans un contexte de raréfaction de la ressource, la récupération de l'eau de pluie est un sujet qui prend de l'ampleur, au Nord comme au Sud. La collecte de l'eau de pluie pour les besoins domestiques est mise en œuvre par des ONG au niveau des ménages dans certains pays (Mali, Burkina Faso et Ghana) avec des résultats significatifs même si une attention particulière doit être portée aux coûts des matériaux de construction et aux techniques de traitement individuel de l'eau (Eau Seine Normandie, 2011).

En Inde, des actions pilotes visent à démontrer que l'eau de pluie peut réellement être une ressource supplémentaire pouvant couvrir les déficits en eau potable à hauteur de moitié des besoins journaliers, et ce, particulièrement dans les bidonvilles. Pour exploiter cette ressource, dans certaines villes, la collecte d'eau de pluie est devenue obligatoire via l'installation de collecteurs sur les immeubles neufs et d'un système de taxes et amendes pour les propriétaires récalcitrants. Des opérations de plaidoyer comme la sensibilisation des enfants ont été menées afin de motiver les populations à utiliser ces techniques (Eau Seine Normandie, 2011). Des initiatives similaires sont développées par UN-Habitat dans trois grandes villes en Ethiopie (Eau Seine Normandie, 2011). Au Brésil, à l'instar de Curitiba ou Sao Paulo, certaines villes ont leurs propres lois promouvant la récupération des eaux de pluie pour les usages domestiques au travers l'obligation de doter les immeubles de réservoirs de collecte (Eau Seine Normandie, 2011).

Néanmoins, la collecte d'eau de pluie à domicile ne peut être utilisée qu'en compensation de méthodes de gestion des eaux pluviales plus globales lors d'évènements pluvieux importants, qu'ils soient ordinaires ou exceptionnels. Par ailleurs, la question de la qualité de l'eau de ruissellement doit être posée (Reed, 2012). Dans ce cadre, la différence entre eau de pluie

(rainwater) et eau de ruissellement (stormwater) est importante, la première n'étant pas polluée quand la seconde peut être rapidement souillée par les activités humaines.

B.5.1.2. Utilisation des eaux pluviales pour l'agriculture

Au Sénégal, l'infiltration des eaux de pluie en milieu urbain et péri-urbain dans la zone de Dakar est utilisée pour restaurer les « niayes » et doit permettre une valorisation de la ressource, notamment pour l'agriculture et la protection de l'environnement, en favorisant une gestion participative et non pyramidale des eaux de pluie (Dasyva et al, 2004). Au Burkina Faso, des tranchées d'infiltration ont été testées dans des quartiers péri-urbains de Ouagadougou avec près de 50% du ruissellement des pluies étudiées collecté par les tranchées (Kerspern, Ouédraogo, 2002).

B.5.1.3. Maîtrise des eaux de ruissellement

La maîtrise des eaux de ruissellement à l'amont des villes est une autre technique à faible coût et aux usages multiples utilisée dans certaines villes africaines comme à Dogondoutchi au Niger (voir encadré 3). Outre la diminution considérable des volumes d'eau à évacuer, elle permet de dynamiser l'économie locale en favorisant l'agriculture, l'aquaculture et le reboisement.

Encadré 3 - Gestion des eaux pluviales par la maîtrise des eaux de ruissellement, Dogondoutchi au Niger

Dogondoutchi est une ville de 60 000 habitants située à 300 km à l'est de Niamey au Niger. L'ONG nigérienne RAIL-Niger a pu diminuer considérablement les problèmes d'eau stagnante de Dogondoutchi en construisant des systèmes de rétention et d'infiltration sur les terrains en amont de la ville, à savoir des digues filtrantes et des terrasses en demi-lunes (rétention collinaire). En plus de réduire de manière notable le ruissellement de l'eau dans la ville, ces techniques ont également permis la récupération de terres cultivables, la reforestation de zones désertiques et la réduction de l'ensablement d'un étang utilisé pour l'aquaculture et de l'irrigation.

Source : *Maîtrise des eaux de ruissellement à Dogondoutchi, rail Niger 2009*

On constate à travers ces exemples que les eaux pluviales sont progressivement perçues comme une ressource plus que comme une contrainte, notamment au travers du développement de techniques alternatives qu'il s'agit de stimuler et de documenter afin de permettre une réplique des expériences et une diffusion des leçons apprises.

B.5.2. Approches non-structurelles: stratégies de prévention et de limitation des risques liés aux inondations

Au-delà de la construction d'infrastructures pour gérer les eaux pluviales, des approches qualifiées de « non-structurelles », soit sans intervention physique, sont également développées (Parkinson, 2003). Ces dernières sont avant tout des actions préventives basées sur le changement de comportements et sont particulièrement pertinentes dans les pays touchés par des inondations régulières et inévitables, notamment dans les zones de mousson (Parkinson, 2003). On distingue 3 catégories :

- Des actions préventives visant à éviter les inondations. Le relogement peut dans ce cas être une option. Des plans de préventions des risques et des systèmes d'alarme peuvent être également mis en place.
- Des mesures de réduction des risques destinées à atténuer l'étendue et la durée des inondations. L'identification des événements pluvieux et la communication sont alors des éléments déterminants.
- Les mesures de réduction des dommages: en cas d'inondation, il s'agit d'aider les personnes atteintes à se remettre des dommages causés et à réparer tout impact négatif causé par les inondations.

Ces actions peuvent compléter les approches structurelles développées par ailleurs ; la combinaison des deux ayant déjà démontré son efficacité (Parkinson, 2003).

B.6. Economie de la GEP

B.6.1. Coûts de la GEP

La plupart des solutions techniques développées pour relever le défi de la gestion des eaux pluviales relèvent d'infrastructures de génie civil coûteuses tant en termes d'investissement que de fonctionnement. Les coûts de la GEP sont donc essentiellement liés à la mise en place d'infrastructures dont le coût est proportionnel à la capacité des ouvrages et au volume des écoulements (Parkinson et Mark, 2005).

Les investissements liés à la GEP sont de plusieurs ordres : construction d'infrastructures, fonctionnement et maintenance (nettoyage des drains, équipements, ressources humaines), administration et gestion, gestion de l'information (collecte de données et développement de systèmes spécifiques) et relations publiques (information du public et campagnes de sensibilisation) (Parkinson et Mark, 2005).

Globalement, peu d'études documentent les coûts et les bénéfices de la GEP à l'échelle locale. Si certaines études de cas ont réussi à démontrer l'impact économique d'une GEP défaillante, par exemple dans le cas d'interruption du trafic, d'augmentation des coûts de construction dans les zones inondables, ou, à l'inverse, d'opportunités économiques créées par les ouvrages de GEP (Reed, 2012), globalement, les données financières disponibles sont faibles.

Quoi qu'il en soit, la documentation existante montre que la tendance est souvent à des dépenses importantes lors d'épisodes pluvieux intenses ou d'inondations plutôt qu'à des dépenses de maintenance réalisées régulièrement (Reed, 2012).

B.6.2. Modalités de financement

La GEP est considérée comme un bien public et la responsabilité de son financement et de son entretien incombe à la force publique et plus précisément aux autorités locales (Parkinson et Mark, 2005).

Le financement des investissements est donc principalement réalisé par la force publique. Néanmoins, les capacités des collectivités locales à générer des revenus via les systèmes de taxes et impôts locaux sont généralement limitées et les investissements nécessaires la plupart du temps largement supérieurs à leurs capacités financières. Par conséquent, la plupart des infrastructures existantes dans les PED sont financées par des subventions externes, qu'elles viennent de l'Etat ou de l'aide publique au développement.

Le financement du fonctionnement peut être en partie financé par la contribution des usagers, qu'ils soient domestiques ou non. Toutefois, à l'inverse d'autres services urbains comme l'eau ou l'assainissement des eaux usées, la notion « d'usagers » est moins directement perceptible dans la GEP comme le souligne Valiron (1991) : « L'évacuation des eaux pluviales est faite au profit des habitants de la ville, mais la notion d'utilisateur direct concerné est moins nette que pour l'eau usée ou l'alimentation en eau ». Cette situation rend plus difficile la participation des citoyens au financement et à la maintenance des infrastructures de GEP.

De manière plus générale, le financement du fonctionnement, à l'inverse d'autres services urbains, est basé sur la taxation générale plus que sur des frais liés au service. Il est d'usage de recouvrir les coûts d'exploitation (à défaut de ceux d'investissement) de la GEP par les impôts et taxes recouvertes à l'échelon local, et ce, selon différentes modalités : impôt local perçu sur la propriété du sol, taxe sur le m² construit ou loti pour financer une partie de l'investissement, une taxe au m² imperméabilisé ou une taxe sur le prix de l'eau (Valiron, 1991). Des taxes peuvent également être prélevées aux usagers lors de la construction de nouveaux immeubles (Parkinson et Mark, 2005). Si en théorie ces options sont valables, dans la pratique, le financement de la GEP par les impôts

et taxes dans les PED n'est pas une solution aisée du fait de la pauvreté, de l'absence d'un système d'adressage performant et évolutif et de la prégnance du travail informel.

Par ailleurs, si de nombreuses études tendent à montrer la volonté des pauvres à payer pour les services de base, on sait peu de choses quant à la volonté à payer pour la GEP qui est souvent perçue comme une responsabilité des collectivités locales (Reed, 2012), comme le montrent Parkinson et Mark (2005) dans le cas du Zimbabwe.

B.7. Une faible prise en compte de l'espace urbain

B.7.1. Le foncier en question

La GEP dans les PED ne peut être traitée sans poser la question de la maîtrise foncière. Comme déjà évoqué, l'urbanisation rapide, particulièrement dans les villes moyennes et les grandes villes, se réalise dans un contexte de déficit de planification, entraînant un développement urbain « anarchique » sans aucun respect des normes minimum d'urbanisme.

Ce défaut de maîtrise foncière sur des terrains non-constructibles et considérés comme illégaux par la puissance publique rend particulièrement difficile la desserte en services essentiels et en infrastructures de base, notamment en termes de GEP. Par ailleurs, la coexistence des lois coutumières et du droit foncier dans de nombreux pays en développement rend la maîtrise de l'urbanisme difficile. Au Niger par exemple, la loi coutumière est reconnue comme l'exprime le maire de Zinder : « Si vous demandez à l'occupant d'un terrain occupé s'il a un papier, il pourra effectivement vous montrer un papier rédigé, validé et signé par le chef de quartier et deux témoins. » (Eau Seine Normandie, 2011, p. 91). Pourtant, la littérature existante prend peu en compte ces aspects.

Par ailleurs, dans certains urbains denses, qu'ils soient planifiés ou non, le manque de disponibilité du foncier pour la mise en place de certains équipements, notamment de GEP, constitue un second problème.

B.7.2. Outils de planification

Les processus de fragmentation urbaine (Jaglin, 2005) décrits pour d'autres services urbains sont aussi valables pour les infrastructures urbaines comme celles de GEP. Ainsi, on assiste au développement de villes à deux vitesses, avec d'un côté des quartiers riches desservis en infrastructures et services de base, et de l'autre, des quartiers laissés pour compte où se développent les risques les plus importants en termes de santé publique, de sécurité humaine et plus généralement de développement.

Si de nombreuses villes se sont dotées d'outils pour planifier la GEP, notamment via l'adoption de schémas directeurs pour la gestion des eaux pluviales, pour la plupart, ces schémas ont été faiblement (ou pas du tout) mis en œuvre. La principale raison étant le coût prohibitif des préconisations techniques au regard des capacités d'investissement des gouvernements locaux et nationaux. Par ailleurs, ces derniers peinent à prendre en compte les quartiers nouvellement urbanisés du fait de leur inexistence formelle et de l'absence de Plans Directeurs d'Urbanisme (PDU).

Reconnaître l'existence des quartiers informels est le premier pas à franchir pour les puissances publiques dans la mesure où il est peu probable que ces derniers disparaissent, au contraire. Certains auteurs appellent ainsi à une vision plus pragmatique de la ville du Sud qui proposerait des solutions alternatives aux quartiers informels en attendant de trouver des solutions long-terme, par exemple de relocalisation des quartiers (Armitage, 2012). Toutefois, desservir des quartiers déjà établis de manière spontanée demande des compétences techniques particulières pour amener *a posteriori* des infrastructures de base. En effet, établis sans trame urbaine déterminant l'organisation de l'espace, il y devient difficile d'établir les réseaux de canalisation nécessaires à l'évacuation des eaux pluviales établis la plupart du temps sur le même modèle que la voirie, inexistante elle aussi.

La maîtrise de l'urbanisme apparaît donc comme un préalable indispensable à une gestion efficace des eaux pluviales. Dans le cas de villes déjà construites, cette maîtrise de l'urbanisme implique également des questions de réhabilitation ou de transformation de l'espace urbain.

B.8. Conclusion : tout n'est pas question de technique

Tout n'est pas question de technique ou d'ingénierie quand il s'agit de gestion des eaux pluviales. Au contraire, des questions institutionnelles, d'aménagement urbain, de financement et de gouvernance se posent.

Le lien entre GEP, aménagement urbain et maîtrise foncière est évident mais encore relativement peu pris en considération lorsqu'il s'agit des villes du Sud. Le défi consiste pourtant pour chaque ville à prendre en charge l'aménagement des zones urbaines, qu'elles soient planifiées ou non planifiées, en tenant compte des eaux pluviales. Des outils adaptés (schémas directeurs et de documents de planification) sont nécessaires pour réconcilier ces différentes dimensions et guider l'action.

Au-delà, la gouvernance est au centre des préoccupations et nécessite une meilleure coordination entre des services éclatés ainsi qu'une répartition claire des responsabilités. Il s'agit de ne pas envisager la GEP de manière sectorielle mais trans-sectorielle tout en tenant compte de son inscription sur le territoire. Dit autrement, compte tenu des enjeux multiples sur la santé, l'environnement ou l'économie de la GEP, des politiques articulées entre services essentiels doivent être élaborées.

Les financements, tant des investissements que du fonctionnement, sont également un point central. Les infrastructures de GEP nécessitent des investissements conséquents, au moins dans les configurations techniques les plus communes. Une meilleure connaissance quantitative de l'économie du secteur de la GEP et des pratiques effectives dans ce domaine permettrait d'y mener des actions plus cohérentes et plus efficaces et de réfléchir aux meilleurs moyens pour en financer la gestion en prenant en compte les moyens disponibles. Dans ce cadre, il est nécessaire de documenter les coûts liés aux investissements et au fonctionnement des ouvrages afin d'inscrire les investissements dans la durée.

Néanmoins, s'il est nécessaire de penser différemment la ville et d'intégrer la GEP à l'aménagement urbain en trouvant un équilibre entre problématiques gestionnaires, institutionnelles et financières, les aspects techniques ne doivent pas être oubliés et l'innovation stimulée, notamment vers des techniques à bas coûts. Comme le rappelle Chocat (2009) : « l'hydrologie est en effet une science difficile et les implications des aménagements de l'espace sur le cycle de l'eau ne sont pas toujours faciles à prévoir. Il ne suffit pas de vouloir bien faire pour faire bien. En d'autres termes, ce n'est pas parce que les ouvrages d'assainissement prennent une dimension supplémentaire, urbaine, sociale ou éducative qu'il faut pour autant négliger leur fonction technique. » Des projets de recherche-action futurs devront s'efforcer de prendre en compte l'ensemble de ces dimensions.

C. Quels chantiers de recherche action mettre en œuvre ?

C.1. Introduction

Cette section présente, sur la base des enseignements tirés de la revue de la littérature, des pistes de réflexion et d'action qui pourraient être mises en œuvre par le pS-Eau et un certain nombre de partenaires techniques et financiers pour contribuer à la réflexion sur la GEP en milieu urbain dans les PED. Il s'agit de procéder à un cadrage des problématiques qui pourraient faire l'objet de capitalisation, de recherche et d'expérimentation avec le développement d'actions pilotes (voir encadré 4).

Cette section n'est donc pas prescriptive et laisse le champ délibérément ouvert, se contentant d'identifier les angles morts de la gestion des eaux de pluie et de les définir au travers de trois entrées qui seront détaillées dans les sections suivantes: aspects techniques et financiers; aspects territoriaux et sociaux; et enfin aspects institutionnels et gouvernance. Toutes les entrées proposées ne sont pas mutuellement exclusives ; au contraire des synergies pourront être trouvées entre elles.

Encadré 4 – Capitalisation, recherche et expérimentation

- **Des actions de recherche action** pourraient être menées pour approfondir les connaissances, les valider, les compléter ou les amender, sur des aspects jusqu'ici insuffisamment étudiés de la gestion des eaux de pluie dans les pays en développement. Ces actions de recherche devront avoir pour souci principal de répondre aux besoins et attentes des intervenants de terrain et seront donc nécessairement tournées vers l'action.
- **Des actions de capitalisation** sur la base d'expériences déjà menées mais sur lesquelles les connaissances sont peu valorisées pourront être engagées.
- **Des actions pilotes** ayant pour objectif de tester des actions novatrices et de nouvelles hypothèses, qu'elles soient techniques, institutionnelles, organisationnelles ou financières, afin d'en analyser les contraintes et les potentialités, toujours dans un souci de répondre aux attentes des acteurs de terrain.

Le programme de recherche qui pourrait découler de ce travail préliminaire de cadrage s'inscrirait dans la complémentarité des précédents programmes de recherche-action conduits par le pS-Eau (« Eau potable » 1995-99 ; « Eaux usées, excréta et déchets » en lien avec le PDM 2000-2004) et permettrait ainsi de couvrir l'ensemble des problématiques sous-jacentes au secteur de l'eau et de l'assainissement.

Un tel programme viserait à la fois à améliorer les méthodologies d'intervention dans le domaine de la GEP, à accroître le partage de connaissances et d'expériences entre les partenaires concernés, et enfin à promouvoir et diffuser des outils à l'attention des décideurs, des opérateurs et des bailleurs de fonds.

C.2. Aspects techniques et financiers

C.2.1. Mieux documenter l'existant

La revue de la littérature a montré que les techniques et processus de mise en œuvre de la GEP dans les PED sont globalement peu documentés et que les terrains d'expérimentation sont peu diversifiés. Si un récent projet financé par DFID et mené par WEDC - université de Loughborough

(Reed, 2004 ; Reed, 2012) va dans le sens d'une meilleure connaissance de la GEP dans les PED, il est aujourd'hui nécessaire d'aller au-delà, notamment en Afrique francophone qui n'est pas du tout couverte par ce dernier. En outre, ce projet a produit des travaux d'étudiants et fournit peu de matériaux exploitables par les acteurs du secteur.

Un état des lieux des techniques mises en œuvre, en prenant en compte les aspects financiers, institutionnels et territoriaux (voir sections suivantes) demande donc à être effectué dans un premier temps.

C.2.2. Valorisation des eaux de pluie

Dans la perspective d'une valorisation des ressources pluviales plus que d'une vision hygiéniste visant à les évacuer le plus rapidement possible, il serait intéressant d'étudier comment des approches alternatives peuvent permettre d'utiliser les eaux de pluie pour certains usages, qu'ils soient domestiques ou non. Alors qu'en Afrique, une grande partie des produits agricoles consommés sont produits dans les villes, le développement de techniques de récupération de l'eau de pluie pour le maraîchage urbain pourrait notamment être étudié et expérimenté. Dans cette perspective, ces recherches seraient également utiles pour démontrer l'efficacité de méthodes alternatives et appuyer leur reconnaissance comme des techniques « légitimes » et non comme des techniques de « second choix » (Reed, 2004).

Il s'agirait alors d'explorer les conditions et contraintes techniques, économiques, foncières, financières et réglementaires de ces techniques encore développées à la marge et d'identifier les facteurs qui ont pu limiter ou freiner leur développement et de répondre aux questions suivantes : quelles sont les techniques les plus efficaces ? Dans quel contexte sont-elles pertinentes ? Dans quelle mesure sont-elles répliquables ? Quels sont les risques sanitaires et environnementaux liés à la valorisation des eaux de ruissellement ? Ce dernier aspect devra retenir une attention particulière car, comme l'ont montré certaines études, les eaux de ruissellement peuvent être très polluées et être difficilement valorisables à bas coût (Reed, 2012).

Au-delà, une analyse de l'impact des différentes techniques et formes de GEP sur l'organisation territoriale et sur la configuration de l'espace urbain devrait être intégrée à la réflexion. En effet, souvent ces méthodes vont pousser à travailler sur la préservation des espaces vides disponibles pour la régulation (bassins, ouvrages d'infiltrations) ou la valorisation des eaux pluviales et donc être amenées à modifier l'espace urbain. (Voir section C.3. en complément).

De la même manière, les coûts et les performances des différentes techniques devront être étudiés, sans s'arrêter aux coûts d'investissement mais au contraire en considérant également les coûts d'exploitation. (Voir section C.2.3. en complément)

C.2.3. Financement

Les questions de la pérennisation du financement et la connaissance du coût réel de la GEP sont peu prises en compte dans les études disponibles. Une meilleure connaissance quantitative de l'économie de la GEP en général permettrait d'y mener des actions plus cohérentes et plus efficaces et de réfléchir aux meilleurs moyens pour la financer, compte tenu des capacités financières des collectivités locales.

C.2.4. Techniques à bas coût

Par ailleurs, les solutions classiques de GEP sont la plupart du temps des ouvrages techniques coûteux souvent difficilement réalisables pour les municipalités des PED. Les études et expérimentations menées devront donner une attention particulière aux solutions alternatives à moindre coût global (investissement et exploitation). Dans cette perspective, l'échelle de la parcelle ou du quartier sont-elles susceptibles de fournir des solutions performantes ? (Voir section C.3.1. en complément).

C.2.5. Développement de l'outil informatique

La mise en œuvre d'outils informatiques pour la gestion des eaux pluviales est une composante quasiment indispensable. Pourtant, de nombreuses municipalités n'y ont pas accès. Trop chers, trop compliqués, pas de main d'œuvre qualifiée. Est-il possible de créer des outils informatiques d'aide à la gestion des eaux pluviales adaptés aux populations pauvres ?

C.3. Aspects territoriaux et sociaux

C.3.1. Choix de l'échelle pertinente

La question de l'échelle pertinente pour développer ou étudier ces techniques se pose. En effet, de nombreux problèmes de santé liés à un mauvais drainage peuvent être évités sans investir dans des infrastructures de drainage à large échelle. Dans beaucoup de situations, les investissements à petite échelle pour le drainage au niveau du foyer ou de la communauté (récupération/infiltration), associés à des campagnes d'éducation à la santé, peuvent être plus rentables que la construction d'une infrastructure à grande échelle. La question de l'échelle de l'action ou de la réflexion devra donc être intégrée au préalable de toute action de recherche action.

Plusieurs échelles pertinentes pourront être considérées :

- la parcelle ;
- le quartier, une échelle réduite de bassin versant variant de 1 à 10 km² permet de limiter le nombre d'acteurs concernés et facilitant le croisement des disciplines (urbanisme, sociologie, hydrologie, ...) ;
- le bassin versant urbain (ou territoire urbain) : il s'agit de la surface de ruissellement en milieu urbain drainée par un réseau avec exutoire : c'est l'échelle de référence pour le dimensionnement d'un réseau d'assainissement pluvial. Afin d'étudier convenablement le système, il convient souvent d'y associer ses prolongements amonts et avalés (zones naturelles ou agricoles) ;
- le bassin versant naturel (incluant l'amont et l'aval de la zone urbaine) : la superficie urbaine appartient elle-même à un (ou plusieurs) bassin versant plus étendus, dit naturels ou hydrographiques. Il s'agit d'une portion de territoire délimitée par des lignes de crête, dont les eaux alimentent un exutoire commun : cours d'eau, lac, mer, océan, etc. Cette échelle est en particulier utilisée pour la définition de stratégie contre les risques d'inondation (par exemple, reboisement en amont d'une ville pour limiter les impacts de ruissellement, ou la montée en crue de la rivière concernée).
- pour certaines études, d'autres types de découpages sont possibles : par exemple, le concept de « ville patchwork » : étude découpée selon des grands quartiers de quelques milliers d'habitants, de 1 à 2 km², en fonction de la topographie, la densité de l'habitat, les infrastructures etc.

C.3.2. Intégrer la GEP dans une politique de gestion urbaine

L'urbanisation croissante dans les PED, qu'elle ait lieu dans les espaces planifiés ou non planifiés, pousse à renforcer le lien entre GEP et aménagement du territoire et à la considérer un enjeu essentiel et une composante des politiques urbaines. L'enjeu est de conforter une compréhension globale de la problématique de la GEP et de favoriser son intégration dans une politique cohérente de gestion urbaine.

Le lien avec le foncier doit également être considéré. En effet, les zones d'habitats spontanés sont souvent qualifiées d'illégales, les droits de propriété n'étant pas acquis. Cette absence de droits fonciers limite la capacité d'investissements publics même si des choix politiques peuvent néanmoins permettre la desserte en infrastructures de base. Les raisons de ces choix politiques et les conditions de leur mise en œuvre doivent être mieux documentés.

De la même manière, la maîtrise foncière est importante dans la mesure où certaines techniques de drainage requièrent beaucoup d'espace pour la construction de canaux ou de bassins de rétention. Quand l'espace manque, des solutions alternatives doivent donc être trouvées. Il s'agira d'identifier ces dernières.

C.3.3. Documenter les stratégies de contournement

Des stratégies de contournement pour compenser l'absence de gestion des eaux pluviales par les pouvoirs publics sont mises en place par les urbains vivant dans des zones inondables : construction de remblais ou de murets pour empêcher l'eau de rentrer dans les maisons, élévation des fondations, etc. Selon certaines études (Reed, 2004), ces techniques de contournement pourraient être qualifiées de SUDS. Peu connues, elles mériteraient d'être documentées et, pour certains auteurs, mieux coordonnées et adaptées aux contraintes du milieu (Dasylva, 2004).

C.4. Aspects institutionnels et gouvernance

C.4.1. Les collectivités locales face à la GEP

La gestion des eaux de pluie est de la responsabilité des collectivités locales, responsabilité renforcée par les politiques de décentralisation. Pourtant la faible cohérence des politiques de GEP et la performance des dispositifs adoptés sont souvent faibles. La revue de la littérature a montré que la GEP est souvent l'objet d'une importante fragmentation institutionnelle entre des services éclatés amenant à des confusions en termes de répartition des responsabilités. Ces ambiguïtés dans les rôles et les responsabilités des différents acteurs de la GEP sont également dues à l'insuffisance des dispositions légales et réglementaires mais aussi à l'absence de politiques articulées services essentiels.

Ces considérations amènent à un questionnement sur la place de l'acteur municipal, quelle maîtrise a-t-il effectivement de la GEP ? Quels seraient les modes de gestion les plus appropriés ? Comment réguler les relations entre les acteurs, notamment institutionnels, et donner une cohérence aux politiques publiques relatives aux services ? Pour ce faire, les blocages mais aussi les arrangements institutionnels mis en place pour dépasser ces derniers doivent être analysés. La capacité gestionnaire et organisationnelle de la GEP est en effet trop souvent oubliée dans l'analyse. Comme démontré dans la revue de la littérature, les études de cas qui existent se concentrent sur les aspects techniques et peu sur les aspects institutionnels, sociaux et financiers. Il s'agirait donc de replacer les questionnements sur la GEP en dehors des réflexions techniques pour y inclure des réflexions sur les modes de gouvernance.

C.4.2. GEP et autres services essentiels, quelle gestion urbaine ?

La revue de la littérature a montré que la GEP est tributaire de nombreux autres services essentiels (eau, assainissement, déchets). Il serait intéressant d'étudier dans quelle mesure des politiques intégrées peuvent être réalisées, d'une part, et étudier leurs performances comparé à des politiques isolées, d'autre part. Les questions suivantes pourraient être abordées à cet effet : Quel niveau de relations faut-il privilégier entre ces différents services ? Quelles formes d'articulation, de coordination et de contrôle promouvoir pour assurer une bonne cohérence d'ensemble ?

C.4.3. Participation des usagers

Si la participation des usagers à la GEP est préconisée pour des soucis de durabilité, elle reste peu documentée. On sait peu de choses à la fois sur la manière dont les citoyens participent à la fois à la planification, à la construction et à l'entretien des ouvrages de GEP, et sur les réussites et les limites de cette participation.

Il serait intéressant de préciser le rôle des citoyens à partir d'études de cas concrètes menées à différentes échelles en incluant l'ensemble des étapes nécessaires à la mise en œuvre d'un système de GEP, de la conception à la maintenance en passant par l'exploitation. Le

questionnement pourrait notamment porter sur les points suivants : quelle place revient aux citoyens dans la gestion de la GEP ? Quelle forme de participation promouvoir pour renforcer l'efficacité et la cohérence d'ensemble de la politique en matière de GEP et celles des dispositifs de gestion et de régulation ? Quels dispositifs d'appui ou de suivi de ces acteurs sont susceptibles d'améliorer l'efficacité et l'adaptation des systèmes de GEP ?

D. Références bibliographiques

- Armitage, N. et al. (2010) Draining the shantytowns; Lessons from Kosovo informal settlement, Cape Town, South Africa, Paper presented at the international Conference Novatech 2010, France
- Armitage, N. (2011), The challenges of sustainable urban drainage in developing countries. SWITCH Conference 2011: The Future of Urban Water, Paris, France.
- Beupoil, A (2010). Etude de faisabilité pour l'évaluation d'impact sur la santé d'un projet intégré d'assainissement à Bamako, Mali. EHESP, AFD
- Bhattarai, S. and B. Neupane (2001), Informed Decision-Making for Drainage Management, in John Pickford (ed.) Water, Sanitation and Hygiene: Challenges of the Millennium: Proceedings of the 26th WEDC Conference, Loughborough University, UK, 315-318
- Cairncross S and Ouano EAR (1991) Surface Water Drainage for Low-Income Communities. WHO, Geneva, Switzerland
- Cherrared M., Chocat B., Benzerra A. (2007). « Problématique et faisabilité du développement durable en matière d'assainissement urbain en Algérie », Papier présenté à la conférence internationale Novatech 2007, France
- Chocat, B. et al. (2008). Etat de l'art sur la gestion urbaine des eaux pluviales et leur valorisation, ONEMA, OIEAU
- Chocat, B. (2010). La gestion durable des eaux pluviales urbaines : un enjeu du 21^{ème} siècle. PWP présenté au séminaire IRHA, Genève.
- Darsaut, F. (2004) Projet de Coopération décentralisée entre la Ville de ZIGUINCHOR (Sénégal), le SIAAP et l'AIMF. Définition d'un projet d'assainissement du quartier HLM Boudody de la commune de ZIGUINCHOR, Rapport technique, Mission du 5 au 11 septembre 2004, SIAAP
- Dasylyva, S. (2009). Inondations à Dakar et au Sahel, Gestion durable des eaux de pluie. Etudes et Recherches, n° 267-268-269, enda Editions, Dakar, 259 p.
- Dasylyva, S. et al. (2004) Acuité des problèmes liés à l'eau et nécessité d'une gestion « intégrée » des eaux pluviales dans le domaine des sables dunaires de la région de Dakar, Colloque Développement Durable : leçons et perspectives. Ouagadougou
- Desbordes, M. et Bouvier, C (1990). Assainissement pluvial urbain en Afrique de l'Ouest. Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques
- Eau Seine Normandie (2011) Actes du colloque Eau de pluie dans la ville, Paris, 21, 22 et 23 septembre 2011
- Facilité Africaine pour l'Eau (2007), Etude du plan d'assainissement de Ziguinchor, Rapport d'évaluation, AFDB
- Faisal, I M, Kabir M R and Nishat A (1999), Nonstructural flood mitigation measures for Dhaka city, Urban Water Vol 1, No 2, page 112
- GIEC (2007). Changements climatiques 2007. Rapport de synthèse. Bilan 2007 des changements climatique : rapport de synthèse. 114 p. [En ligne] http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf (Page consultée le 30 mars 2010)
- Global Sanitation Fund (2009), Sanitation Sector Status and Gap Analysis : Mali, WSSCC
- Goldenfum JA., et al. (2007), Challenges for the sustainable urban stormwater management in developing countries: from basic education to technical and institutional issues. NOVATECH 2007: 6th International Conference on Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management, Lyon, France.
- Hawkins, P. et al. (2013). Poor-Inclusive Urban Sanitation: An Overview, WSP

- Hinojosa, P. (1989), Pratiques populaires et techniques innovantes de drainage des eaux pluviales en Afrique, *Aménagement et Nature* n°96
- Hydroconseil (2007). Study of Storm Water Drainage Management and Erosion Control for Kigali City
- Imparato, I. et Ruster J. (2003) Slum upgrading and participation, World Bank, Washington DC
- Jaglin, S. (2005) Services d'eau en Afrique subsaharienne. La fragmentation urbaine en question, CNRS Edition, Paris
- Joint Monitoring Program (2012) Progress on Drinking Water and Sanitation, OMS, UNICEF
- Kerspern Y. et Ouedraogo B. (2002) Les tranchées d'infiltration, une technique alternative pour la collecte et l'infiltration des eaux pluviales : cas d'étude de Tanghin au Burkina Faso. *Ouagadougou, Sud Sciences et Technologies*, 8, 16-27
- Le Jallé, C. et al (2013) Urban stormwater management in developing countries, Paper presented at the IWA conference 2013
- Lhopital, L. (2008). L'aménagement des villes et les services essentiels. In *La contractualisation : une clé pour la gestion durable des services essentiels*, Notes et Documents N°43, AFD
- Marsalek, J. et Chocat, B. (2002) International Report: Stormwater management, *Water Science and Technology*, 46(6-7), IWA Publishing.
- Meva'a, D. (2013) Gouvernance urbaine des eaux de pluies entre contrainte et opportunité de développement urbain à Douala (Cameroun), Papier présenté à la conférence Novatech 2013
- Morel à L'Huissier, A. (1996) : L'assainissement des eaux pluviales en milieu urbain tropical subsaharien, *Dossiers Techniques*, PNUD, CREGRENE
- Parkinson, J (2003) Drainage and stormwater management strategies for low-income urban communities, *Environment and Urbanization* 2003 15: 115
- Parkinson, J. and Mark, O. (2005). *Urban Stormwater Management in Developing Countries*, IWA publishing, London, UK
- Nchito, W.S. (2007) Flood risk in unplanned settlements in Lusaka. *Environment and Urbanization* 19: 539
- Ngikam, E. et al (2001), Assainissement des eaux pluviales et des eaux usées dans un quartier moyennant une démarche participative : le cas du quartier de Melen IV à Yaoundé au Cameroun, in. *Gestion intégrée de l'eau en Haïti*, Actes du colloque international, 26, 27, 28 juin 2011
- RAIL Niger (2012), Dogondoutchi, cadre expérimental pour la gestion des eaux de ruissellement, PWP présenté au 6^{ème} Forum Mondial de l'Eau, Marseille, France, mars 2012
- Reed B (2004) Sustainable Urban Drainage in Low-Income Countries – a Scoping Study; Project Report, Unpublished project report for DFID. Loughborough University, Loughborough, UK.
- Reed, B. (2012) Storm-water management in low-income countries, *Municipal Engineer* Volume 166 Issue ME2, ICE Publishing
- Reynaud, A. (1995) Centre et périphérie, in BAILLY Antoine édit., *Encyclopédie de Géographie, Economica*, Paris, pp. 583 – 600
- Ricard, B. et al. (2010) Eaux pluviales, eaux usées, ressource en eau : nécessité, pour des nouveaux quartiers, d'une réflexion stratégique sur le cycle complet de l'eau en ville. Papier présenté à la Conférence Novatech 2010
- Satterthwaite, D. et al. (2007) Editorial: Reducing risks to cities from disasters and climate change, *Environment and Urbanisation* 2007 19 :3
- Silveira, A. L. L. (2001) Problems of modern urban drainage in developing countries. Paper presented at the international conference Novatech, Lyon, France
- Tucci CEM (ed.) (2001) Urban drainage in the humid tropics. UNESCO International Hydrological Programme. *Technical Documents in Hydrology* 40(1): UNESCO, Paris, France

- UN-Habitat (2003) The challenge of slums. Global Report on Urban Settlement.
- UN-Habitat (2008) State of the World's Cities 2008/2009 - Harmonious Cities
- UN-Habitat (2010) Solid Waste Management in the World's Cities: Water and Sanitation in the World's Cities
- Valiron, F (1991) Manuel d'assainissement spécifique pour les pays à faible revenu, Agence de coopération culturelle et technique, Conseil International de la Langue française, PUF
- Vatto, T. et Duchemin, J. (2012), Drainage et assainissement à Siem Reap, PWP présenté à l'atelier « Eau dans la ville et assainissement urbain », Paris, 2008
- Wondimu, A. (2000). La gestion des eaux pluviales urbaine par la gestion de l'espace et de la subsidiarité : le cas d'Addis Abeba (Ethiopie), Thèse de doctorat
- World Bank (2012) The future of African cities : why waste water ?

E. Annexes

Annexe 1 - Quelles sont les techniques actuelles en matière de gestion des eaux pluviales ?....27

1. La technique classique : l'évacuation par le réseau27
2. Les techniques compensatoires ou alternatives29
 1. *Gestion "au bout du tuyau"* 29
 2. *Stockage et drainage en surface* 30
 3. *Techniques de rétention/infiltration*..... 31
 4. *Valorisation urbaine et paysagère de l'eau pluviale* 31
 5. *Utilisation de l'eau comme ressource*..... 32
 6. *Valorisation climatique*..... 33
 7. *Principaux freins à l'utilisation des techniques alternatives*..... 34

Annexe 2 - La Gestion Intégrée des Eaux Urbaines (GIEU)..... 35

1. Plan de développement intégré des bassins versants urbains36
2. Gestion intégrée des infrastructures urbaine et services36
3. Cadre politique et institutionnel37
4. Planification et évaluation des meilleurs options.....37

Annexe 1 - Quelles sont les techniques actuelles en matière de gestion des eaux pluviales ?

E.1.1. La technique classique : l'évacuation par le réseau

Il s'agit de l'évacuation des eaux pluviales par le biais de conduites (système fermé) ou de caniveaux (système ouvert) en direction d'un ou de plusieurs exutoires, puis de leur libération dans le milieu naturel après stockage temporaire et traitement dans une station d'épuration.

Au cours du XX^e siècle, la plupart des grandes villes des pays en développement a été dotée d'un réseau, le plus souvent unitaire, c'est à dire regroupant eaux pluviales et eaux usées : caniveaux à ciel ouvert dans les quartiers périphériques, conduites enterrées en centre ville. Si le réseau, même au moment de sa création, ne couvrait déjà que les parties les plus centrales des villes (centre et quartiers riches), l'urbanisation massive n'a pas permis de desservir les quartiers périphériques : dans la majorité des villes africaines, le réseau ne couvre ainsi qu'une part minimale des surfaces urbanisées.

Dans les quartiers non desservis, l'eau pluviale, mélangée aux eaux usées et eaux déchets, s'écoule dans des ravines sujettes à une très forte érosion, et s'accumule dans les bas-fonds.

L'épuration des effluents en fin de réseau est très rare dans les pays en développement : ainsi, la plupart des villes ne disposent pas de station d'épuration, ou celle-ci est en très mauvais état.

→ Quand un réseau d'assainissement est défectueux, la solution classique consiste à le réparer ou à le restructurer en combinant les actions suivantes :

- Renforcer, refaire ou doubler les tronçons du réseau existant : cette action remédie ponctuellement à la saturation de certaines parties. Son coût est prohibitif dans les anciens centres-villes et la perturbation des autres services qu'elle entraîne (AEP, gaz, électricité, voirie) la rend difficilement faisable.
- Construire de nouveaux caniveaux. Les moyens, les études et les travaux nécessaires sont très importants.
- Equiper le réseau de déversoirs d'orage : ils permettent de rejeter directement dans le milieu naturel les quantités qui dépassent la capacité du réseau. On les munit souvent de bassins d'orage, afin de piéger par décantation une grande partie des polluants et de permettre le réacheminement de l'eau stockée dans le réseau une fois que la pointe de débit est dépassée.
- Equiper le réseau de réservoirs ou de citernes : cette action consiste à augmenter la capacité de stockage du réseau et à diminuer, par conséquent, les débits qui en sortent. Ces ouvrages enterrés sont efficaces ; ils permettent une gestion souple du réseau, en contrôlant sa capacité par la manœuvre de certaines vannes. Les importants travaux de génie civil qu'ils demandent ainsi que leur entretien constituent cependant un frein à leur diffusion.
- Aménager les ravines

La formation de ravines résulte du creusement des sols par des écoulements fortement érosifs et débute souvent au niveau des exutoires de drainage qui sont insuffisamment protégés. L'existence de ravines représente un danger pour les zones riveraines en raison du risque de débordement en cas de crue et de l'érosion des sols. L'aménagement d'une ravine a pour objectif de stopper sa dégradation et de rétablir des conditions normales d'écoulement. Pratiquement, cela consiste à implanter, de proche en proche, des épis en gabions transversalement à l'axe de la ravine. Ces ouvrages remplissent plusieurs objectifs :

- Créer des points fixes d'écoulement afin d'éviter le déplacement du lit
- Diminuer la vitesse d'écoulement
- Consolider et stabiliser les berges

→ Dans certaines villes, est également mise en œuvre la gestion en temps réel du réseau d'assainissement. Cette solution nécessite des préalables non remplis dans la plupart des villes des pays en développement, notamment la densification des réseaux de mesure hydro-pluviométriques, de communication et d'alimentation électrique, ainsi qu'un niveau de services associés suffisant (modèles de simulation hydrologique et hydraulique, contrôle et commande à distance de certains ouvrages régulateurs du réseau).

→ Dans les pays en développement, les déchets solides et les sédiments représentent la première cause de blocage des réseaux. Leur gestion s'avère donc fondamentale. En plus des grilles et des pièges bloquant les déchets à l'entrée des réseaux, il est nécessaire de mettre en place un système d'entretien et de nettoyage régulier.

→ Dans la quasi totalité des PED, l'**entretien et la maintenance** des réseaux sont très insuffisants. Face à la déficience du service public, les usagers tentent de développer des **réponses individuelles ou de quartier**, mélange de débrouillardise et de bon sens : par exemple, le nettoyage et le curage des infrastructures du réseau en prévision d'épisodes pluvieux, la construction de petites digues, le surélévement des portes d'entrées. Toutefois, ces réponses, parce que non coordonnées, n'ont au mieux qu'un impact limité, voir inefficace.

E.1.2. Les techniques compensatoires ou alternatives

Les deux objectifs principaux sont les suivants :

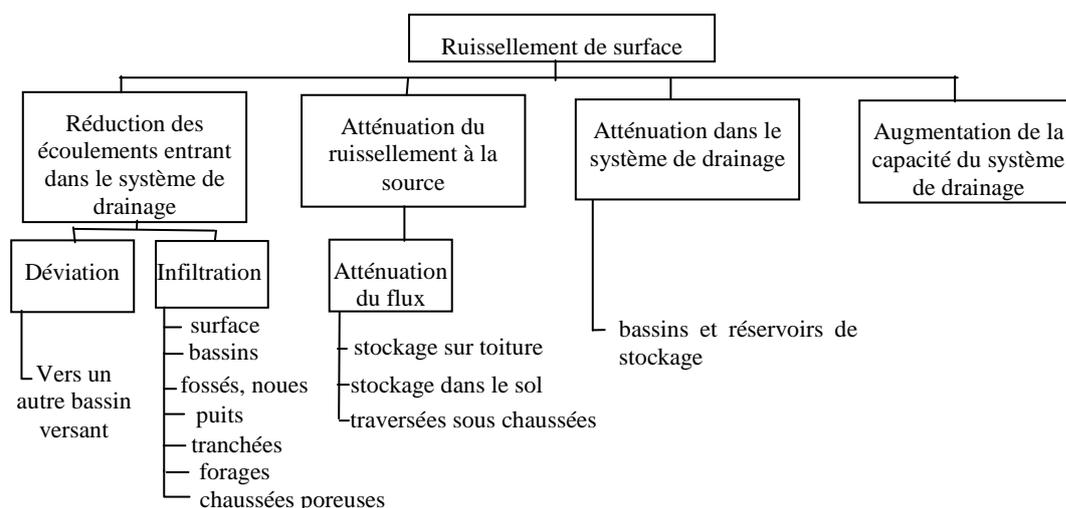
- **compenser la capacité déficiente d'évacuation des réseaux d'eaux pluviales** : celle-ci devient insuffisante du fait du développement urbain en périphérie. Une capacité déficiente génère des inondations dans les zones basses des villes, souvent associées à des quartiers historiques denses et anciens.

- **limiter le rejet de polluants dans le milieu naturel** : des préoccupations environnementales prenant en compte la capacité d'acceptation du milieu récepteur poussent ainsi au développement de meilleures pratiques de gestion.

Toutes les techniques sont fondées sur trois principes, utilisés simultanément ou non : les principes de rétention (stockage), de retardement de l'écoulement (allongement du temps de concentration), et d'infiltration. L'objectif consiste d'une part à réguler les flux d'eaux rejetées, et d'autre part à piéger une partie de la pollution, majoritairement transportée sous forme particulaire. Peu à peu, les techniques se sont diversifiées et en particulier les échelles auxquelles elles étaient appliquées se sont réduites dans l'objectif de traiter les problèmes, le plus possible, à la source. C'est ainsi qu'au XXI^e siècle, différentes techniques sont désormais employées simultanément en génie urbain : les techniques classiques dites « en bout de tuyau », celles utilisant des stockages provisoires en surface, celles intégrant une gestion directe à la parcelle ou encore une gestion immédiate « dès que la goutte d'eau tombe ».

Au-delà du développement de stratégies et de techniques alternatives au "tout tuyau", il est indispensable de tirer le meilleur parti des infrastructures existantes. Plutôt que de vouloir substituer le système d'assainissement par des techniques alternatives, il semble plus logique d'optimiser globalement le fonctionnement du système d'assainissement. Les techniques alternatives apparaissent alors comme des outils permettant d'améliorer la capacité d'adaptation des ouvrages existants et d'optimiser leur utilisation en anticipant sur les flux.

Quelques options disponibles pour contrôler le ruissellement de surface sont détaillées dans le tableau suivant :

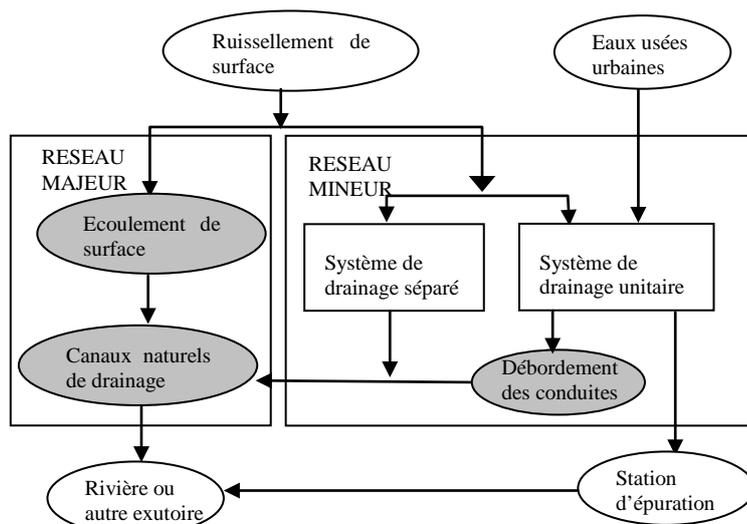


a) Gestion "au bout du tuyau"

Très utilisées au XX^e siècle, les solutions classiques dites « au bout du tuyau » consistent à installer des ouvrages de grande taille (généralement des **bassins de rétention « secs »** ou « **en eau** ») qui viennent compléter un réseau d'assainissement existant. Ces ouvrages peuvent être positionnés à l'exutoire d'un bassin versant, en série sur le réseau lui-même, ou en parallèle au réseau d'assainissement.

b) Stockage et drainage en surface

Une technique consiste à utiliser des espaces urbains préexistants pour stocker et acheminer l'eau pendant les situations de crise et ainsi limiter les risques d'inondation en aval. De nombreux espaces, généralement publics, peuvent être sollicités pour le stockage: **parking, places, espaces verts, terrains de sport, cours d'école...** Dans ce cas, un **réseau majeur** est constitué par une partie aménagée du réseau de voirie, tandis que le **réseau mineur** est constitué par le **réseau de conduites souterraines**. La gestion optimum de ce type d'aménagement nécessite une très bonne ingénierie des points d'entrée dans le réseau (avaloirs et bouches d'égout). Ces ouvrages doivent en effet se comporter comme des régulateurs et ne laisser rentrer dans le réseau mineur que les flux que ce dernier est capable d'accepter précédemment.



Systèmes de drainage majeurs, mineurs, et leur interaction

Une autre technique, plus récente, consiste à utiliser les routes et les rues comme faisant partie du drainage des eaux pluviales, en temps que réseau majeur. Ce système requiert moins de maintenance, qu'un système classique, les rues étant plus régulièrement nettoyées que les canaux. La conception des routes comme système de drainage nécessite toutefois des techniques particulières, telles que la protection spéciale contre l'érosion, ou l'assurance que la hauteur de l'eau en période pluvieuse ne dépassera pas 30 à 40 centimètres de haut.

Il est ainsi possible de travailler sur une structure urbaine économique (par exemple, modifier les pentes des voiries pour que l'eau s'écoule non pas sur le côté mais vers le centre de la rue et ensuite l'infiltrer ou stocker l'eau pluviale (plutôt que de risquer d'inonder des maisons en récupérant l'eau sur un côté de la rue)

Le « slum networking » à Indore (Mayar Pradesh, Inde) : les bidonvilles mis en réseau.

Une approche intégrée innovante a été développée successivement dans 4 villes indiennes : Indore, Baroda, Ahmedabad et Mumbai. Les bidonvilles se développent le plus souvent sur des terrains non-constructibles, à savoir à proximité des cours d'eau et des canaux naturels de drainage. Le projet a consisté à aménager les rues des bidonvilles de manière à les intégrer au système d'évacuation des eaux pluviales de la ville : au travers d'une approche participative associant les habitants et des ONG, les quartiers « bidonvilles » ont ainsi progressivement évolué vers des maisons en dur et des rues bitumées permettant l'évacuation des eaux pluviales. Les bidonvilles ont été reliés entre eux par des routes également aménagées pour évacuer les eaux pluviales. Afin d'éviter l'accumulation d'eau dans les bas-fonds, les routes ont été construites plus basses que leur environnement, et le sol extrait de l'excavation a été utilisé pour combler les zones de bas-fonds, limitant ainsi l'engorgement des eaux de surface dans ces zones.

Les points forts de cette méthode sont les suivants :

→ la quasi-absence de démolition et de relogement des populations

→des changements bien acceptés par les populations des bidonvilles, qui prennent part au processus et bénéficient de l'amélioration de leur cadre de vie. Elles peuvent notamment prendre en charge une partie de la maintenance du système.

→le projet bénéficie aux habitants des bidonvilles mais également à la ville entière (meilleur drainage global de la ville)

→des bénéfices significatifs pour de faibles investissements en termes d'infrastructure (coût diminué par deux par rapport à un système traditionnel)

→l'accumulation d'expériences permet une efficacité accrue d'une ville à l'autre (notamment : participation et motivation accrue des bénéficiaires).

→les bailleurs de fonds passent du statut de bienfaiteurs à ceux de catalyseurs (d'une ville à l'autre).

Les points faibles sont les suivants :

→l'expérience provenant d'un don bilatéral, on peut se demander si elle pourrait être renouvelée sans aide extérieure.

→on retrouve certains problèmes identiques à la gestion de projets classiques : gestion des déchets solides inefficace entravant le drainage des eaux pluviales, manque d'intérêt d'une partie des habitants, corruption et manque d'efficacité dans les dépenses.

Source : Parikh, 2001

c) Techniques de rétention/infiltration

→Les **puits d'infiltration** ont pour fonction l'évacuation directe des eaux pluviales dans le sol. Ils drainent généralement des surfaces de l'ordre du millier de mètres carrés. Cette technique a l'avantage de pouvoir être appliquée dans des zones où la couche de sol superficielle est peu perméable (forte urbanisation, terrain superficiel imperméable) mais qui ont des capacités importantes d'infiltration dans les couches profondes.

→Les **puits d'injection** injectent directement les eaux pluviales dans une nappe, le risque de pollution des eaux souterraines est alors très important : cette solution est d'ailleurs maintenant interdite dans presque tous les pays.

→Les **tranchées** sont des ouvrages linéaires et superficiels (d'une profondeur généralement inférieure au mètre) qui évacuent les eaux pluviales soit par **infiltration** vers le sol profond (**tranchées de rétention/infiltration**), soit vers un exutoire de type réseau ou puits (**tranchées drainantes**). Elles ont l'avantage de pouvoir être mises en œuvre relativement facile, d'avoir une faible emprise au sol et de pouvoir s'intégrer dans presque n'importe quel type de forme urbaine (le long d'une voirie ou d'un immeuble, au milieu d'un parking ou d'un espace vert).

→Les **chaussées à structure réservoir** permettent de stocker dans le corps de chaussée des quantités importantes d'eau pour les restituer ensuite à débit contrôlé soit à un réseau traditionnel, soit au milieu naturel par infiltration ou par un exutoire régulé.

L'intérêt est d'utiliser un espace public représentant plus de 10 % de la surface totale de la ville et générateur de flux importants d'eau et de polluants. Au-delà de l'intérêt en terme de réduction de ces flux, l'utilisation de revêtements poreux (bitumineux ou à base de liants hydrauliques) permet de réduire les projections d'eau, source de confort et de sécurité aussi bien pour les piétons que pour les automobilistes.

→ en amont des villes, des techniques de **rétention collinaire** permettent de diminuer fortement les eaux de ruissellement urbaines (voir exemple sur Dogondoutchi p20).

d) Valorisation urbaine et paysagère de l'eau pluviale

Certains ouvrages alternatifs privilégient une double utilisation des espaces mobilisés : stockage/infiltration des eaux pluviales pendant les périodes pluvieuses, et autre usage urbain pendant le reste du temps. Cette idée s'est renforcée par le fait que l'eau constitue un élément majeur de valorisation urbaine et de sociabilisation.

→Ouvrages secs à double fonction

L'idée est de combiner sur le même espace une fonction de **stockage des eaux pluviales** avec une fonction d'**usage collectif**. (ex. terrains de sport, squares, jardins publics).

→Plans d'eau permanents

L'utilisation de bassins en eau pour stocker les eaux pluviales est utilisée dans beaucoup de pays, quel que soit le climat ou le niveau de développement. Par rapport aux bassins de retenue secs, l'inconvénient majeur est de consommer davantage d'espace, le volume de stockage disponible étant réduit par la lame d'eau présente dans le bassin au début de l'événement.

→Noues

Les **noues** sont des fossés larges et peu profonds. Ils collectent les eaux de pluies soit par des canalisations, soit après ruissellement sur les surfaces adjacentes. Après stockage, l'eau est évacuée par infiltration dans le sol ou vers un exutoire : réseau de collecte, bassin de rétention ou rivière.

→Les **bandes enherbées** sont employées pour lutter contre la pollution des eaux de ruissellement urbain, que ce soit en bordure de routes ou des voiries urbaines. L'utilisation de noues (fossés) en bordure de voirie permet de fait la mise en place de bandes enherbées.

→Lagunes et zones humides artificielles

Les lagunes et les zones humides artificielles constituent à l'origine une méthode de traitement des eaux usées. Différentes expériences ont montré l'aptitude de ces techniques pour traiter les eaux unitaires et les eaux pluviales malgré l'intermittence de ces rejets et leur caractère peu organique. On utilise depuis peu des filtres biologiques (roseaux), pour leur qualité d'épuration.

e) Utilisation de l'eau comme ressource

L'eau, par son caractère symbolique fort, constitue souvent une aide précieuse pour changer le statut ou la perception des espaces. Ceci explique sans doute le développement rapide des approches de ce type dans de très nombreux pays ces dernières années.

A l'origine, la récupération des eaux de pluie n'avait aucune fonction de gestion des risques d'inondation ou de diminution des rejets de polluants vers les milieux naturels. Il s'agissait essentiellement de récupérer l'eau au plus près de son point de consommation et de la stocker dans les meilleures conditions. On trouve ainsi des systèmes de collecte et de stockage des eaux de pluie dans presque toutes les civilisations et ce depuis le début de la création des villes. Si la récupération des eaux de pluie dans des cuves souterraines ou de surface n'a jamais totalement disparu, ces technologies ont cependant vu leur utilisation décliner de façon très importante dans les zones urbaines avec le développement des réseaux de distribution d'eau.

Depuis quelques décennies, cette pratique est en train de se redévelopper avec beaucoup de force, dans les zones géographiques où la ressource est rare mais aussi lorsque les ressources disponibles sont de mauvaise qualité ou simplement lorsque les usagers trouvent le prix de l'eau excessif.

L'échelle de réflexion peut être :

→la **maison ou l'immeuble (récupération des eaux de toiture)**

→la **rue ou le quartier** :

- récupération et stockage des eaux pluviales dans les couches superficielles du sol ou dans des réservoirs souterrains

- réinfiltration dans la nappe. Cette technologie permet d'augmenter la ressource disponible par pompage et d'améliorer sa qualité en la diluant, et également de limiter l'assèchement des sols urbains.

Récupération et réutilisation des eaux de toiture avec infiltration dans la nappe, le cas de New Delhi (Inde)

Les ressources en eau potable de New Delhi sont soumises à une pression considérable. L'exploitation des nappes phréatiques excède leurs capacités de renouvellement et de ce fait leur niveau baisse à un rythme alarmant. La nappe est profonde de 50 à 70 mètres est séparée du sol par une couche de terrain très peu perméable. Du fait de l'abondance des précipitations (environ 1 mètre par an), il est envisagé de réinfiltrer

les eaux de toitures pour recharger les nappes. Un test a été effectué en 2001 dans le quartier de Kishangarth situé à l'est de la ville. Les eaux d'une toiture de 150 m² sont récupérées dans une première tranchée dont le but est de filtrer les eaux de toitures puis s'écoulent dans une seconde tranchée qui sert de système de stockage. Les dimensions de ces deux tranchées sont identiques (3m×3m×4m). La tranchée de stockage peut contenir 90 m³, soit une quantité suffisante pour alimenter 6 personnes pendant 150 jours (100 litres par jour). L'eau est ensuite injectée dans la nappe, profonde ici de 55 mètres, par un puits équipé d'un tuyau de 10 cm de diamètre. Ce puits est équipé d'une pompe à main et servait auparavant à pomper l'eau de la nappe. Il était devenu inutilisable du fait de la baisse du niveau de la nappe. L'expérience a été totalement concluante malgré son caractère très local. La tranchée de stockage a permis de fournir environ 28% des besoins de la famille et le puits a recommencé à être actif dès le mois de septembre à la fin de la mousson.

Il faut cependant travailler aussi sur les **risques sanitaires potentiels** liés à la récupération de l'eau : si les systèmes de collectes ne sont pas correctement équipés, ils peuvent être le vecteur de la propagation des moustiques et des maladies associées.

Cas du chikungunya sur l'île de la Réunion : les moustiques piquant rarement à plus de 100m de leur lieu de naissance, la récupération de l'eau de pluie (bidons ou points d'eau non protégés) pourrait avoir favorisé l'étendue de l'épidémie.

f) Valorisation climatique

L'eau est à la fois sur le plan symbolique et sur le plan physique un élément de fraîcheur. Beaucoup de civilisations ont utilisé les bassins et les fontaines pour rafraîchir la ville, ou du moins pour en donner l'impression. Sur un plan plus physique et factuel, l'évaporation de l'eau absorbe de grandes quantités d'énergie et peut donc conduire à une diminution locale importante des températures.

La végétation est également capable de jouer un rôle bioclimatique important. Elle améliore en effet le climat urbain grâce à plusieurs facteurs : l'ombre qu'elle donne et qui modifie le bilan radiatif des surfaces urbaines, la modification de l'écoulement d'air qui influe sur le transport et la diffusion de l'énergie, et enfin l'évapotranspiration qui transforme l'énergie rayonnée en énergie latente, réduisant ainsi la chaleur sensible qui réchauffe l'atmosphère.

Les températures maximales dans les espaces verts peuvent ainsi être de 3°C plus basses qu'en dehors des espaces verts.

Augmenter la quantité d'eau disponible pour la végétation en stockant l'eau de pluie permet ainsi d'augmenter l'évapotranspiration, et donc de prélever encore plus de chaleur et ainsi d'abaisser davantage les températures urbaines, ceci d'autant plus que la température de l'air est élevée.

Projet de valorisation climatique du Quartier Sixin, WUHAN, Chine

Le quartier de Sixin, d'une superficie de 17 km² est situé en zone inondable, protégé de la rivière Chang Jiang par une imposante digue.

Le projet consiste à surélever de 4 mètres l'ensemble du site puis de réorganiser le quartier en îlots, autour de canaux de drainage naturels.

La surélévation du quartier permet de créer des zones de rétention pour l'eau pluviale, sous forme de bassins secs et humides. Elle permet de capter l'eau grâce à des méthodes alternatives (fossés, noues, rigoles) et de l'évacuer dans les canaux naturels. Les eaux pluviales et les eaux « grises » sont alors dépolluées par des filtres biologiques avant d'être rejetés dans le milieu naturel.

Le projet prévoit également de replanter de nombreux arbres et plantes locales, afin de profiter des effets climatiques de la végétation, et ce à différentes échelles. A l'échelle de l'agglomération, elle offre une rugosité qui permet de réduire le vent et de capter les poussières. A l'échelle locale elle peut assurer une protection solaire des bâtiments en été, et permettre une réhydratation et un rafraîchissement de l'air par évapotranspiration. La forte végétalisation du quartier et la présence importante de l'eau grâce aux canaux permettent de réguler le microclimat urbain, notamment en été. Cet aspect est particulièrement important, compte tenu des fortes chaleurs estivales dues au climat continental de Wuhan.

Le choix et la disposition des différentes essences plantées permettent également l'oxygénation de l'air et l'absorption certains polluants atmosphériques.

Source : <http://www.pascalgontier.com/>

g) Principaux freins à l'utilisation des techniques alternatives

- Un point commun, dans tous les pays et pour presque toutes les formes d'ouvrage est la difficulté de leur gestion. Leur caractère multifonctionnel les place en effet presque toujours sous la responsabilité de plusieurs organismes ou administrations.
- Une autre difficulté réside dans la perception du public qui n'accepte pas toujours facilement de voir l'eau revenir en surface. Une crainte souvent manifestée est par exemple celle du risque de noyade pour les bassins de retenue, qu'ils soient secs ou en eau. A l'opposé certains ouvrages sont tellement bien réussis que le deuxième usage prend l'ascendant sur la gestion des eaux pluviales (des associations de pêche locales pourront par exemple réclamer l'interdiction des apports d'eau pluviale dans les plans d'eau pourtant initialement conçus essentiellement pour cet usage).

Annexe 2 - La Gestion Intégrée des Eaux Urbaines (GIEU)

Partout dans le monde, la dégradation des ressources en eau causée par le ruissellement urbain a mené à une critique des approches traditionnelles de la conception et de l'opération des systèmes de drainage. L'une des principales critiques des approches conventionnelles est de porter leur attention sur des solutions techniques de manière fragmentée, et leur tendance à s'occuper du problème une fois que celui-ci arrive, sans réellement chercher à prévenir les dégâts en avance.

La GIEU intervient suite au constat des problèmes suivants :

- Manque de considération de l'aspect environnemental par les décideurs en matière de drainage pluvial.
- Manque de coordination institutionnelle entre les différents services (ex. les déchets solides bouchent les réseaux de drainage, mais la gestion des déchets n'est pas coordonnée avec celle des eaux pluviales)
- Manque de considération des interactions entre communautés et systèmes de drainage (ex. les eaux de drainage peuvent également être utilisées pour de l'irrigation)
- Les processus de décision centralisés ont tendance à ne pas répondre aux attentes des habitants (nécessité d'une implication des bénéficiaires par le biais d'une approche participative).

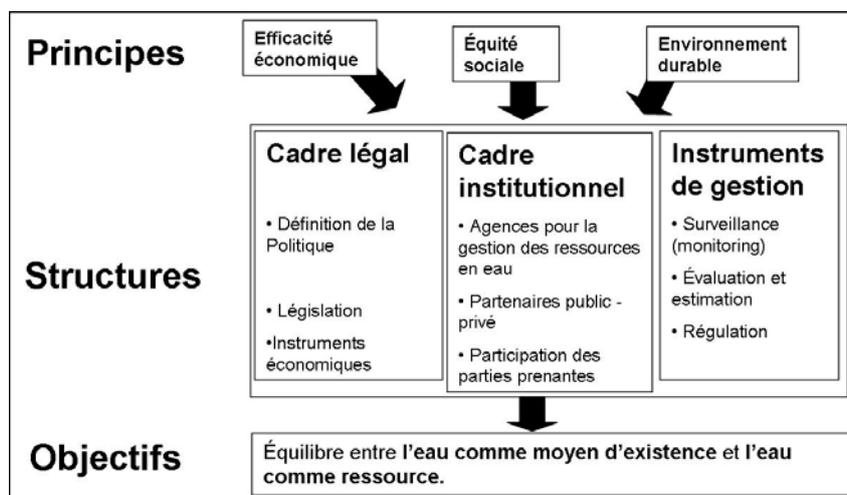


Figure 4 - Cadre conceptuel et opérationnel de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau

Les objectifs de la GIEU peuvent être résumés selon le tableau suivant :

<i>à court terme</i>	
Protection contre les inondations	Limiter les inondations, prévenir les dommages aux propriétés et infrastructures, limiter les perturbations et l'impact sur la santé humaine.
Protection de l'environnement	Limiter la détérioration de l'environnement, notamment par l'élimination des eaux stagnantes.
Control de l'érosion et des sédiments	Contrôler l'érosion (notamment en limitant l'instabilité des collines), réduire la perte de sol des zones de construction afin de limiter la présence de sédiments dans les eaux pluviales.
<i>à moyen terme</i>	
Prévention, contrôle et limitation de la pollution	Préserver ou mettre en valeur l'écosystème à l'exutoire.

Conservation de l'eau	Régénérer les surfaces naturelles (lacs et rivières), recharger les nappes, promouvoir l'infiltration et la récupération des eaux de pluie
Préservation de l'hydrologie naturelle	Réduire la modification artificielle des cours d'eau, préserver le drainage naturel et les zones naturellement inondables, reproduire le régime naturel des écoulements d'eau
à long terme	
Agrément	Intégrer le drainage urbain dans le paysage, adopter des principes de durabilité pour créer un environnement sain, promouvoir l'usage d'activités récréatives
Protection naturelle des habitats	Protection de la biodiversité par la préservation et la restauration d'habitats pour la faune et la flore
Conservation des ressources	Minimiser la consommation d'énergie et l'usage d'autres ressources naturelles dans la construction et l'opération des infrastructures de drainage

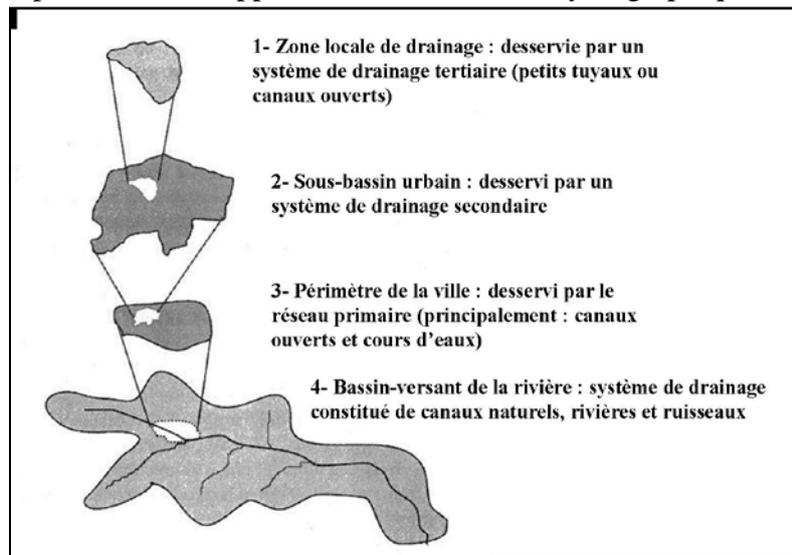
E.1.3. Plan de développement intégré des bassins versants urbains

L'un des principes de la GIEU consiste en la réalisation de plans de développement intégrés.

Ils se basent sur 3 composants fondamentaux :

- Planification à l'échelle du bassin hydrographique
- Infrastructures urbaines et services : coordination entre les services de drainage, des déchets solides et des eaux usées ; coopération entre les agences responsables de différents services.
- Participation des acteurs locaux : implication des acteurs locaux dans la prise de décision et les processus de planification.

L'unité de base du plan de développement est le bassin hydrographique, divisé en 4 sous-niveaux :



E.1.4. Gestion intégrée des infrastructures urbaine et services

La GIEU inclut la gestion de toutes les formes d'infrastructures et de services liés à l'eau dans l'environnement urbain. En plus du drainage urbain et de la protection contre les inondations, elle doit inclure l'approvisionnement en eau potable, la gestion des eaux usées, des déchets solides, et également des routes puisque ces dernières sont souvent le principal canal de drainage durant les épisodes d'inondation.

La gestion intégrée permet de mieux gérer les interactions entre les différents systèmes, notamment :

- La réduction de la présence des déchets solides et sédiments dans le système de drainage
- Le contrôle de la pollution provenant du rejet illégal d'eaux usées dans le système de drainage.

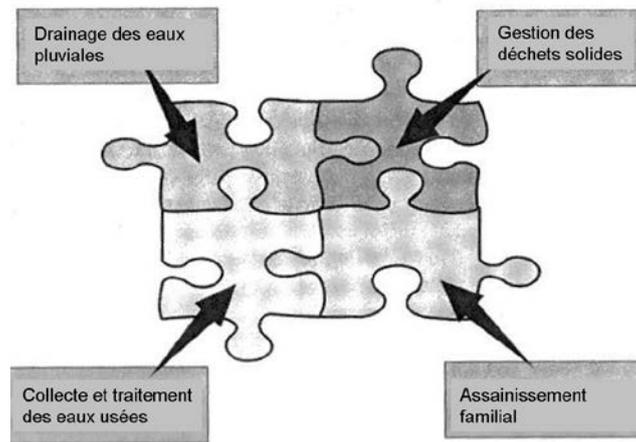


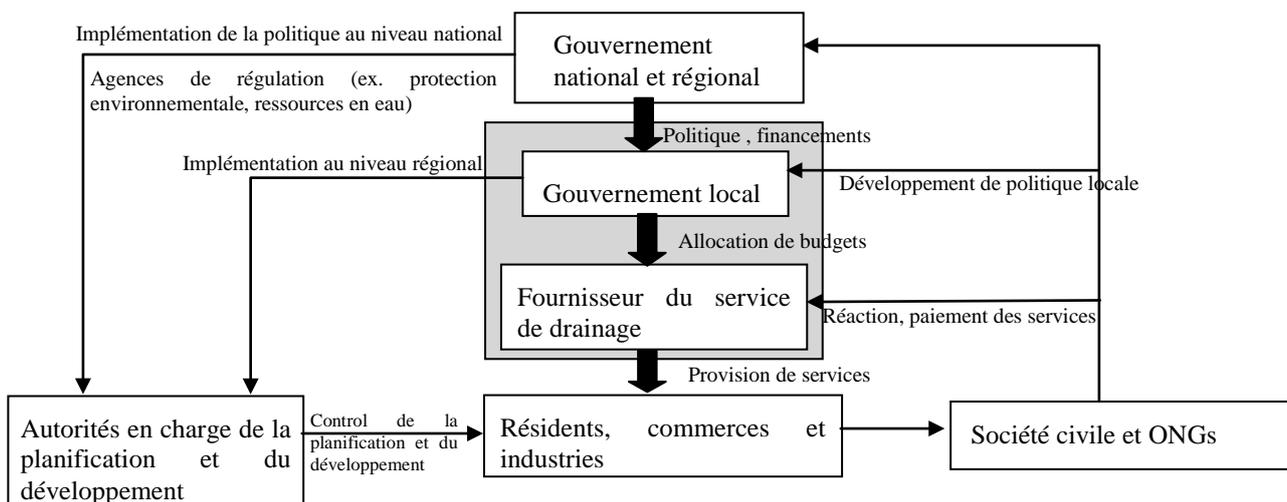
Figure 5 : Le drainage des eaux pluviales : composante de la gestion intégrée de l'environnement urbain

E.1.5. Cadre politique et institutionnel

Sans une politique qui définit clairement le rôle et les responsabilités de chaque organisation concernée, la gestion des eaux pluviales ne peut fonctionner correctement.

Afin d'aboutir aux objectifs proposés par la gestion intégrée des ressources en eau, on doit encourager des politiques de développement favorisant une plus grande interaction et plus de partenariats entre les différents acteurs institutionnels concernés. Cela nécessite également un renforcement des capacités afin de promouvoir le développement organisationnel et l'entraînement du personnel de ces organisations.

Les gouvernements locaux peuvent parfois définir leurs propres politiques, mais elles sont souvent influencées par le gouvernement central et les agences nationales, qui gardent le contrôle du budget total et des dépenses :



Intéactions entre les différents acteurs dans la gestion intégrée des eaux de pluies urbaines

E.1.6. Planification et évaluation des meilleurs options

Afin de pouvoir approcher la complexité des paramètres impliqués dans la gestion et la mise en place de systèmes de drainage urbains intégrés, il est essentiel de planifier efficacement.

Cela doit être l'une des plus importantes fonctions de gestion des institutions responsables de la conception et de la mise en place de stratégies de contrôle des ruissellements et des inondations. Afin de s'assurer que les solutions répondent à un réel besoin, il est toutefois important d'impliquer des acteurs locaux dans l'évaluation des problèmes et la formulation de solutions.