

## Conception d'un modèle de gestion des eaux pluviales en milieu urbain en renforçant les techniques classiques par des techniques alternatives : cas du lotissement Les Perles de Marrakech

### *Design a stormwater management model in urban areas by strengthening conventional techniques with alternative techniques: If the subdivision the Pearl Marrakech*

I. Rafik, M. Serroukh, M. Khattati, H. Masmoudi

Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences de Tétouan, Maroc

Email : [rafik-gamu@hotmail.fr](mailto:rafik-gamu@hotmail.fr)

Reçu : Mai 2015; Publié : Décembre 2015.

**Résumé :** On assiste depuis quelques années à l'essor de techniques dites alternatives dans une conjoncture mettant au premier plan les principes du développement durable dans ses aspects économique, social et environnemental. Dans ce contexte, les techniques alternatives de gestion des eaux pluviales commencent sérieusement à concurrencer les techniques dites classiques.

Une analyse critique de la situation peut amener à soulever quelques questions : l'emploi de ces techniques alternatives est-il pertinent et justifié ? Les techniques alternatives présentent-elles des performances suffisantes ? Sont-elles vraiment moins onéreuses ?

Autant de questions qui suscitent une réflexion approfondie afin de guider les acteurs de l'eau en général, et les bureaux d'études en particulier, vers un changement de stratégies dans la gestion des eaux.

Ainsi, cet article s'attache à répondre à ces interrogations en mettant en relation tous les éléments caractérisant ces techniques, en particulier l'efficacité de gestion des eaux, les conditions d'utilisation et bien sûr les coûts, pour en dégager des conclusions sur la base d'étude de cas du lotissement « LES PERLES DE MARRAKECH ».

**Mot Clés :** Eaux Pluviales, Techniques Alternatives, Techniques classique, Gestion des eaux, Ressources en Eau.

**Abstract:** The last few years the rise of so-called alternative techniques in a situation foregrounding the principles of sustainable development in its economic, social and environmental.

In this context, alternative techniques for stormwater management begin to seriously compete with the so-called conventional techniques.

A critical analysis of the situation may lead to raise a few questions: the use of these alternative techniques is it relevant and justified? Alternative techniques they have enough performance? Are they really cheaper? So many questions that elicit deep reflection to guide water stakeholders in general and construction department in particular, to change strategies in water management.

Thus, this article attempts to answer these questions by linking all the elements characterizing these techniques, particularly the efficiency of water management, the conditions of use and of course the cost, to draw conclusions on the case study base of the subdivision "THE PEARLS OF MARRAKECH".

**Keywords:** Rainwater, Alternatives Techniques Classical Techniques, Water Management, Water Resources.

## 1. Introduction

La généralisation de l'automobile et le développement de l'habitat individuel et des grandes zones commerciales conduisent à une augmentation considérable de l'urbanisation et des surfaces imperméabilisées. Ce développement révèle les limites des réseaux et de leur structure qui ramène les flux hydrauliques de la périphérie nouvellement urbanisée vers les centres urbains. Les débordements de réseaux sont de plus en plus importants. Face à l'extension des milieux urbains et aux défis posés actuellement par les aléas climatiques, une nouvelle approche tel que la gestion des eaux pluviales par technique alternative s'impose.

On entend par techniques alternatives de gestion des eaux pluviales et usées toutes les techniques dont le concept s'oppose au principe du tout au réseau. Leur objectif est non plus d'évacuer le plus loin et le plus vite possible les eaux mais de les retarder et/ou de les infiltrer. Ces techniques constituent une alternative au réseau traditionnel de conduites, ce qui justifie leur nom.

Elles peuvent être utilisées de manière autonome, c'est-à-dire sans réseau de conduites, ou bien peuvent être associées à un réseau pluvial classique.

## 2. Matériel et méthodes:

Nous avons procédé à la l'intégration d'une gestion des eaux pluviales par combinaison entre les techniques classiques et alternatives au niveau d'un projet qui prévoit la réalisation d'un lotissement, comme exemple concret nous avons illustré cette stratégie innovante par une étude de cas du lotissement «LES PERLES DE MARRAKECH», situé à la Wilaya de Marrakech, Commune Tassoultant, limitée Au Nord par le projet Kasbah Resort, Au Sud par Riad El Hakim et les résidences d'Agdal et sera réalisé sur un terrain d'une superficie totale de 15ha.

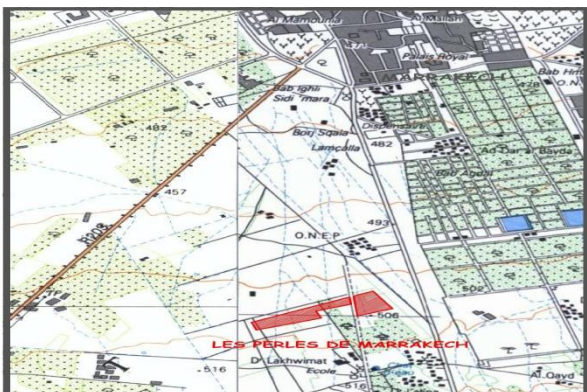


Fig.1 : Plan situation du projet Les Perles de Marrakech

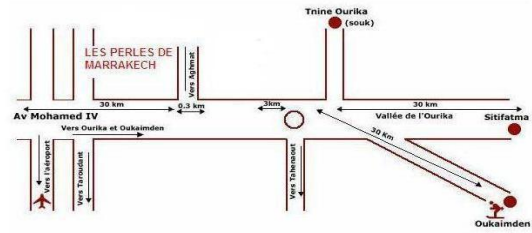


Fig.2 : Croquis de situation du projet Les Perles de Marrakech

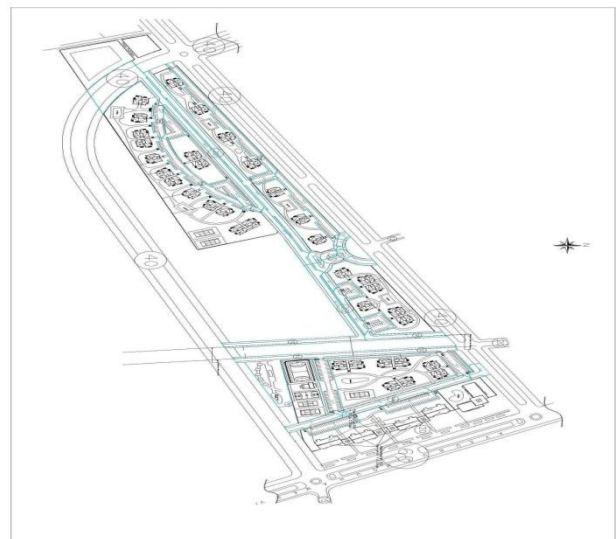
Les principales démarches sont donc les suivantes :

- Intervenir à la parcelle.
- Décentraliser les lieux de rétention et mobiliser les espaces publics pour les besoins hydrauliques ; l'eau sera retenue dans des espaces verts, voire dans des espaces minéraux plurifonctionnels : placettes, etc.
- Favoriser les cheminements d'eau en surface
- Identifier et sécuriser les cheminements d'eau exceptionnels

Ce projet a donc la double mission de maîtrise d'œuvre opérationnelle des espaces publics, et de réalisation du dossier réglementaire au titre de l'environnement et loi sur l'eau.

Dans tout projet d'assainissement, la détermination des dimensions à donner aux ouvrages d'assainissement passe par le calcul du débit à évacuer dans ce cadre la zone d'étude sera, dans un premier temps, découpée en bassins versants élémentaires. Les débits de pointe et les besoins en termes de stockage sont alors évalués en fonction de ces bassins versants.

Fig. 3. Délimitation des bassins versant cas du lotissement



« Les Perles de Marrakech ».

La combinaison avec une technique alternative nécessite un recalage des volumes dans les différents espaces verts, sur la base d'une analyse de la topographie et des usages

envisagés pour ces espaces : ici, arbitrage à réaliser entre la chaussée à réservoir, l'espace vert et les toits végétalisés.

Les objectifs de rétention sont déterminés sur la base de simulations de type « réservoir linéaire », impluvium par impluvium. Les impluviums sont ensuite assemblés. L'ensemble est implémenté sous Excel. L'outil de calcul permet ainsi de combiner plusieurs lieux de rétention d'eaux pluviales, avec des possibilités de fonctionnement en série de certains d'entre eux : tel bassin peut surverser dans tel autre.

Différents scénarios ont été testés, en ajustant les débits de sortie des différents « bassins ». Dans certains cas en effet, pour un sous-quartier donné, il est possible de stocker l'ensemble du volume sur place. Dans d'autres cas, il est préférable de transférer le volume vers l'aval. D'autres cas sont intermédiaires, avec stockage partiel sur place (petites pluies) et surverse occasionnelle vers un autre lieu de rétention situé en aval. L'objectif étant de trouver une répartition satisfaisante des volumes de rétention en fonction des apports, des espaces disponibles, de la topographie, des chemins d'eau, etc...

Le travail se formalise de manière très concrète sous forme d'association de conception régulière impliquant les trois volets environnementale, économique et sociale. Ces associations ont visés à ajuster ensemble, au fur et à mesure, les hypothèses de rétention et de chemins d'eau, avec un travail simultané de dessins sur plan et de calcul. La conception est donc intégrée plutôt que séquencée, seule manière de pouvoir effectivement gérer les eaux pluviales en surface.

Cette opération menée avec les urbanistes et les paysagistes, illustre comment la combinaison de techniques alternatives façonne un paysage urbain respectueux de l'environnement quelque soit le contexte urbanistique.

### Une chaussée à structure réservoir

Une chaussée à structure réservoir supporte, comme toute chaussée, la circulation ou le stationnement de véhicules ; elle est aussi un réservoir pour les eaux de ruissellement : la rétention d'eau se fait à l'intérieur du corps de la chaussée, dans les vides des matériaux. L'eau est collectée, soit localement par un système d'avaloirs et de drains qui la conduisent dans le corps de chaussée, soit par infiltration répartie à travers un revêtement drainant en surface, enrobé drainant ou pavé poreux.

L'évacuation peut se faire vers :

- un exutoire prédéfini
- un réseau d'eau pluviale ou par infiltration dans le sol support.

### Les puits

Les puits sont des dispositifs qui permettent le transit du ruissellement vers un horizon perméable du sol pour assurer un débit de rejet compatible avec les surfaces drainées, après stockage et prétraitement éventuels. Dans la majorité des cas, les puits d'infiltration sont remplis d'un matériau très poreux qui assure la tenue des parois. Ce matériau est entouré d'un géotextile qui évite la migration des éléments les plus fins tant verticalement qu'horizontalement.

### Les toits stockant

Cette technique est utilisée pour ralentir le plus tôt possible le ruissellement, grâce à un stockage temporaire de quelques centimètres d'eau de pluie sur les toits le plus souvent plats, mais éventuellement en pente de 0,1 à 5 %. Le principe consiste à retenir une certaine hauteur d'eau, puis à la relâcher à faible débit. Sur toits plats, le dispositif de rétention peut se faire par la végétalisation.

Les toits végétalisés participent en dehors de leurs intérêts esthétiques, économiques et environnementaux, à la dimension scénographique du paysage (Larue *et al*, 2008).

### Cas d'Etude : lotissement « Les Perles de Marrakech »

Dans le cadre de l'aménagement du secteur « Les Perles de Marrakech », l'utilisation de techniques d'imperméabilisation des sols permet de réduire les apports en ruissellement, en limitant les surfaces étanches.

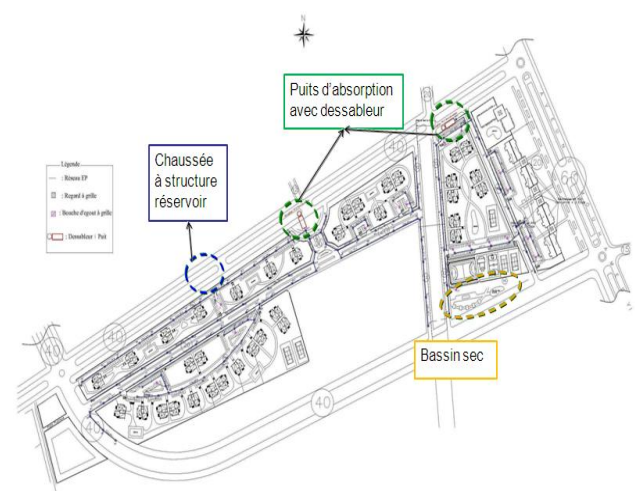


Fig.4 : Exemples de techniques alternatives visant à Limiter l'imperméabilisation

L'aménagement des grandes surfaces enherbées, des cheminements piétons en revêtements poreux, des toitures terrasses, des cheminements de l'eau végétalisés, réduit les apports d'eau pluviale de 5 à 10% (Piel *et al*, 2010), et diminue en proportion les volumes de stockage à prévoir.



## Chaussées à structure réservoir

Les chaussées à structure réservoir (CSR) ont pour but d'écarter les débits de pointe de ruissellement en stockant temporairement la pluie dans le corps de la chaussée. Elles peuvent être assimilées à des bassins de retenue enterrés remplis de matériaux poreux. Leur fonctionnement consiste donc à stocker l'eau dans le volume vide des matériaux. L'eau est évacuée par infiltration ou vers le réseau public.

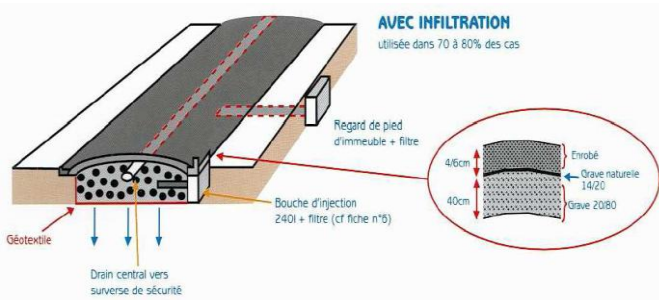


Fig.5 : Principes du dispositif des chaussées à structure réservoir avec infiltration

## Bassins secs

Les bassins secs qui sont vides la majeure partie du temps et dont la durée d'utilisation est très courte, de l'ordre de quelques heures selon les précipitations. En effet, le bassin sec se vidange complètement suite à un événement pluvieux. Après un prétraitement, les eaux pluviales peuvent s'évacuer soit par infiltration, soit au réseau. Le fond d'un bassin sec peut être imperméabilisé ou végétalisé.

Ce type de bassin nécessite généralement de l'entretien. Les bassins secs sont généralement aménagés en espaces verts. Étant gère à sec, il faut veiller à son état lorsqu'il n'y a pas d'eau dans le bassin et après chaque événement pluvieux important (curage si nécessaire). Si le bassin est étanche, il faudra créer en fond de bassin une noue disposant d'une pente suffisante pour évacuer l'eau et ainsi éviter toute stagnation.

Son investissement varie également de 150 à 600 DH/m<sup>3</sup> et son entretien peut s'évaluer à 10DH/m<sup>3</sup>/an.



Fig. 6 : Bassin Sec [7]

## Toiture végétalisée

Il est possible de combiner cette technique avec des toitures végétalisées qui offrent en plus de la rétention d'eau, un apport isolant, et augmente l'évapotranspiration. La toiture végétalisée consiste en un système d'étanchéité recouvert d'un complexe drainant qui accueille un tapis de plantes pré-cultivées (sedum, vivaces, graminées, etc.). Grâce à l'absorption de ces plantes, les eaux pluviales sont épurées d'une partie de leur pollution. Le complexe de végétalisation est caractérisé par une surcharge limitée et une faible épaisseur (généralement < 10 cm), et le poids du complexe est, dans la plupart des cas, compris entre 50 et 150 kg/m<sup>2</sup> (Certu.C.(2008)).

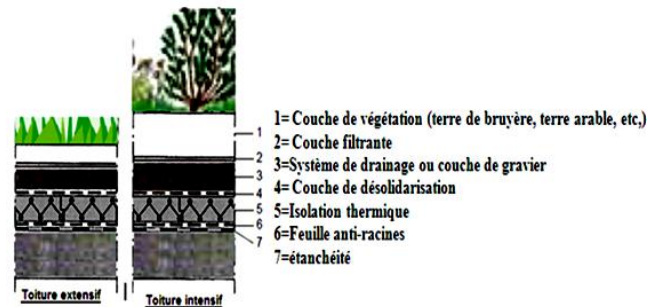
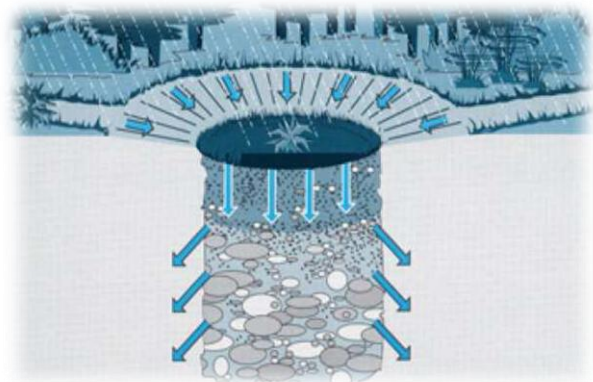


Fig.7: Vue en coupe du concept toiture végétalisée

## Puits d'absorption avec déssableur

Le puits d'absorption est un ouvrage de profondeur variable (quelques mètres à une dizaine de mètres) permettant un stockage et une évacuation directe des eaux de ruissellement vers le sol. Cette technique est plutôt prédestinée à un usage à la parcelle. Il existe différents types de puits : les puits creux, les puits comblés de massif filtrant permettant une épuration des eaux et les puits maçonnés ou buses. Ce type d'ouvrage peut être implanté



dans les zones peu perméables en surface.

Fig.8 : Principes du dispositif de collecte et de transport des eaux pluviales par puits d'absorption

Les objectifs de rétention sont déterminés sur la base de simulations de type « réservoir linéaire », impluvium par impluvium. Les impluviums sont ensuite assemblés.

Les simulations ont recours à des pluies de projet construites à partir de coefficients pluviométriques locaux. L'objectif de débit de fuite global sera fixé avec un niveau de protection vicennal.

La conception est faite en combinant plusieurs lieux de rétention d'eaux pluviales, avec des possibilités de fonctionnement en série de certains d'entre eux : tel bassin peut surverser dans tel autre.

### 3. Résultats :

Sur la base du plan de composition initial, et après simulation des différents scénarios le choix des techniques à combinés s'est stabilisée sur les lieux de rétention les plus adéquates.

Toutes les techniques ne sont pas adaptables à toutes les situations. Il n'existe a priori pas une solution compensatoire donnée pour un type de projet ou d'opération d'urbanisme.

Système	Coût	Entretien
Puits d'infiltration	30 DH/m <sup>2</sup> de surface assainie/an	15 DH/m <sup>2</sup> de surface assainie/an
Bassin sec	150 à 600 DH/m <sup>3</sup>	10 DH/m <sup>3</sup> /an
Chaussée à structure réservoir	800 DH/m <sup>2</sup> de chaussée	10 à 30 DH/m <sup>2</sup> /an
Toitures terrasses et végétalisées	200 à 1000 DH/m <sup>2</sup>	10 DH/m <sup>2</sup> /an

Tableau 1 : Tableau des couts des techniques alternatives en eaux pluviales

Ces techniques alternatives sont souvent considérées comme étant moins couteuses que les ouvrages classiques et ont l'avantage de s'intégrer plus facilement dans la ville et le paysage, le cout compare d'une technique par chaussée réservoir est, toutes choses égales par ailleurs, de 20% inférieur au cout d'une chaussée classique accompagnée d'un réseau enterre. (M. Bénard, et al (1998)).

Les gains financiers externes au projet, notamment ceux lies à la plurifonctionnalité des systèmes, doivent également être pris en compte. En effet, les usages secondaires des bassins et des noues (zone de loisirs, de promenades...) font partie des gains financiers non chiffrables. Par exemple dans certains cas, l'utilisation d'une chaussée a structure réservoir avec enrobe drainant, qui réduit le bruit de roulement des véhicules, limitera la construction des murs antibruit et apportera un meilleur confort de conduite (Certu.C.(2008)).

L'organigramme des chemins d'eau entre les différents lieux de rétention montre comment les débits de sortie de chaque lieu de rétention sont restitués. Il sert ensuite à paramétrer les calculs de bassins versants (assemblages en série ou en parallèle).

Le calcul restitue les résultats correspondant au lieu de rétention concerné avec la technique alternative de gestion des eaux pluviales: débit d'entrée (non régulé), débit de sortie (régulé), volume stocké.

### Approche des coûts par rapport aux techniques classiques

Le tableau suivant donne des couts a titre indicatif. Ces couts varient selon de nombreux facteurs et chacun doit être estime au cas par cas en fonction du projet.

Les couts d'investissement et d'entretien mentionnes ci-dessus sont à comparer avec ceux d'un réseau d'assainissement classique accompagne de ses ouvrages annexes. On se propose donc de confronter le cout d'un système alternatif à un système classique (fonction similaire).

Prenons l'exemple d'une chaussée à structure réservoir avec une chaussée classique.

Hypothèses :

- CSR : revêtement classique – sans infiltration – 1 m<sup>3</sup> de galets de porosité 30% – volume stocke 0,3 m<sup>3</sup>
- Chaussée classique : conduite DN600 – profondeur 2,00 m – volume stocke 0,3 m<sup>3</sup>

<i>CSR avec revêtement imperméable</i>		<i>Chaussée classique</i>	
Désignation	Coût au m <sup>2</sup> (DH)	Désignation	Coût au m <sup>2</sup> (DH)
Enrobés	100	Enrobés	100
Galets	150	GNT1	180
Siphon	20	Siphon	20
Drain	150	Conduite DN600	1200
Géomembrane/géotextile	200	Essais	50
Total Investissement	620	Total Investissement	1550
Entretien sur 20 ans	200	Entretien sur 20 ans	200
<b>TOTAL</b>	<b>1440</b>	<b>TOTAL</b>	<b>3300</b>

Tableau 2 : Comparaison financière entre une technique classique et une autre alternative.

On constate que les chaussées à structure réservoir ont un coût plus faible que les chaussées classiques.

En outre la combinaison des deux techniques classique et alternatives permet de diminuer les diamètres des collecteurs des eaux pluviales à 50% et aussi d'optimiser sur la longueur des conduites qui vont acheminer ces eaux vers l'aval, le taux d'optimisation dépend des objectifs et des techniques utilisées.

#### 4. Discussion

La combinaison de technique classique et alternative favorise le contrôle à la source et suppose d'infiltrer sur place et pas seulement de stocker les eaux pluviales. L'idée de ce modèle de conception est de trouver un mode d'urbanisation qui ait le moins d'effet sur le milieu physique en refusant de continuer d'imperméabiliser et de modifier les rivières.

Ainsi dans notre cas d'étude et afin d'assurer la durabilité des ouvrages de stockage, les choix des techniques alternatives se sont portés vers des aménagements à ciel ouvert, visibles et intégrés à l'aménagement urbain. Les ouvrages de stockage tel que les chaussées à structure recommandée sont désormais multifonctionnel, à la fois pour des questions de fiabilité – rendus visibles les ouvrages sont mieux entretenus - et de coût – cela permet de valoriser des dépenses importantes en investissement et en fonctionnement en intégrant l'ouvrage dans un projet local.

Les techniques alternatives, même s'ils recherchent les mêmes objectifs, présentent des caractéristiques différentes. De ce fait, les décideurs, les ingénieurs et techniciens de bureau d'études doivent prendre compte non seulement les contraintes liées au projet mais également celles liées directement aux différentes solutions compensatoires, à savoir les contraintes techniques (hydraulique, topographique, etc.), les contraintes sociologiques (insertion dans le site, usage, gestion, etc.) et les contraintes économiques (coût de la solution en investissement et entretien).

Il s'avère donc intéressant de comparer les systèmes entre eux sur leurs caractéristiques et leurs performances.

On s'intéressera particulièrement à des critères autres que les contraintes du site et le type d'urbanisme.

#### 5. Conclusion :

Les résultats de cet article vont globalement dans le sens d'une utilisation grandissante des techniques alternatives qui sont bien perçues et acceptées par les citoyens. Même si les techniques alternatives ont connu des difficultés à se généraliser, le « phénomène de mode » mais aussi les coûts relatifs au développement durable ont permis d'inciter à leur emploi durant ces dernières années, et un développement futur considérable leur est promis, parallèlement à l'accumulation de retours d'expériences et du savoir-faire des entreprises pour leur réalisation.

Les aménagements intégrant la gestion alternative des eaux proposés par les élus et les hommes d'études répondent aux attentes et aux envies des citoyens. Ces citoyens disposent de quelques notions sur ces techniques mais il est nécessaire de les consolider et/ou de les faire évoluer, en instaurant ou en renforçant le dialogue avec eux.

L'utilisation de ces techniques alternatives dans la gestion des eaux permettent :

D'aménager : L'urbanisation de secteurs ou les réseaux de collecte sont saturés est possible, alors que les techniques classiques ne le permettent plus. Elles s'adaptent au site, ce qui permet de concevoir des projets d'aménagement et d'assainissement en fonction des contraintes et des potentialités de celui-ci.

De participer à l'amélioration du cadre de vie : Les espaces aménagés pour la gestion de l'eau peuvent jouer un rôle structurant et paysager.

De participer à l'éducation environnementale du citoyen : Le caractère simple, local et visible des ouvrages contribue à la sensibilisation et à l'éducation environnementale des citoyens.

De maîtriser les risques d'inondation : La gestion à la source permet de réduire les risques d'inondation en aval.

De maîtriser les risques environnementaux : Les techniques doivent permettre de préserver l'alimentation naturelle des nappes et des cours d'eau.

D'optimiser les coûts : L'expérience montre souvent que les solutions alternatives sont moins onéreuses en investissement que les solutions classiques.

#### 6. Référence:

[1] - Chaïb. J. (1997). Les eaux pluviales – gestion intégrée : guide pratique – Ecologie urbaine, Edition Sand de la Terre, 175 p.

[2] - Larue. D., Da Silva. (2008). La complémentarité paysagiste et ingénierie hydraulique, Atelier LD, GRAIE - 7ème conférence Aménagement durable et eaux pluviales.

[3] - Piel. C., Pire. M., Maytraud. T. (2010). La maîtrise, le traitement et la récupération des eaux pluviales, supports d'une ville bioclimatique : 4 études de cas, NOVATECH.

[4] – Certu.C.(2008) L'assainissement pluvial intégré dans l'aménagement, 195 pages.

[6] - M. Bénard, J. Da Silva, J. Chaïb, P. Reysset, B. Ricard, (1998) Conditions de réalisation et de suivi d'ouvrages intégrés de gestion des eaux pluviales.

[7] Pluies en ville, Agence de l'eau Seine-Normandie.

[http://www.eau-seinenormandie.fr/fileadmin/mediatheque/Collectivite/Technologie/pluie\\_e](http://www.eau-seinenormandie.fr/fileadmin/mediatheque/Collectivite/Technologie/pluie_e)

[n\\_ville.pdf](http://www.eau-seinenormandie.fr/fileadmin/mediatheque/Collectivite/Technologie/pluie_e_n_ville.pdf)