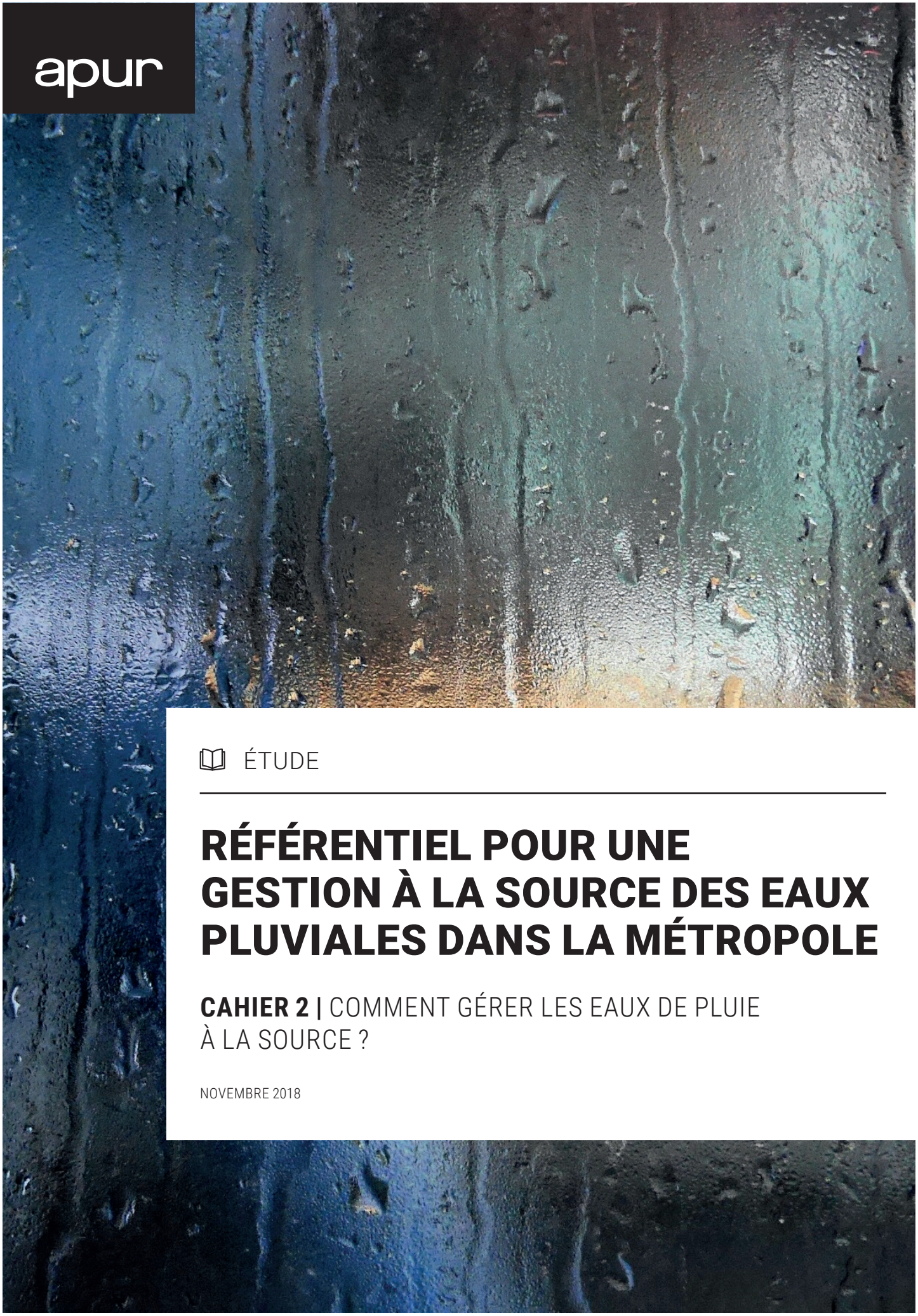
apur



ÉTUDE

RÉFÉRENTIEL POUR UNE GESTION À LA SOURCE DES EAUX PLUVIALES DANS LA MÉTROPOLE

CAHIER 2 | COMMENT GÉRER LES EAUX DE PLUIE À LA SOURCE ?

NOVEMBRE 2018

© IstockPhoto.com / Kaizermodo

Comité de lecture :

Direction Régionale
et Interdépartementale
de l'Environnement et de l'Énergie
d'Ile-de-France

Document réalisé en concertation avec :

Directrice de la publication : **Dominique ALBA**
Étude réalisée par : **Frédéric BERTRAND avec Maxime ALGIS, Marine LITOU**
Sous la direction de : **Patricia PELLOUX**
Cartographie et traitement statistique : **Marie-Thérèse BESSE, Tristan LAITHIER**
Photos et illustrations : **Apur sauf mention contraire**
Mise en page : **Apur**
www.apur.org

18P030202

Sommaire

1. Ville et eaux pluviales **4**

Quelles sont les opportunités de gestion des eaux pluviales selon les types de tissus urbains existants ? 4

Comment gérer les eaux pluviales dans l'espace public ? 14

Quelles opportunités les opérations d'aménagement offrent-elles pour la gestion à la source des eaux pluviales ? 21

Quels leviers existe-t-il pour une planification urbaine en faveur d'une gestion à la source des eaux pluviales ? 24

2. La déconnexion des eaux pluviales **32**

Quelle quantité de pluie dois-je gérer dans mon projet, sur ma parcelle ? 32

Comment retenir et faire s'évaporer les eaux de pluie ? Quelle contribution à la gestion locale de l'eau ces solutions apportent-elles ? 34

Comment rendre la ville perméable ? Qu'est-ce que la concentration des eaux pluviales et la capacité d'infiltration des sols ? 37

Y-a-t-il des risques liés au sous-sol ? Comment peut-on gérer les eaux de pluies par infiltration dans des zones contraintes ? 40

Comment infiltrer près d'une structure de voirie, au pied d'un bâtiment ? Quelles sont les précautions à prendre ? 46

Est-ce intéressant de stocker et utiliser les eaux de pluie ? 48

3. Pollutions et dépollution **52**

Les eaux pluviales sont-elles polluées ? 52

Quels risques pour les sols et la nappe lors d'une gestion locale des eaux (capacités à fixer les pollutions, colmatage et décolmatage des sols) ? 54

Techniques de dépollution 58

1. Ville et eaux pluviales

Quelles sont les opportunités de gestion des eaux pluviales selon les types de tissus urbains existants ?

Les eaux de pluies peuvent être gérées à la source grâce à de nombreuses solutions. Il n'existe pas de situation « privilégiée » pour leur prise en charge mais des stratégies à adapter à la diversité des tissus urbains et à leurs spécificités (importance des espaces bâtis et non bâtis, structure parcellaire, catégories de propriétaires et/ou de gestionnaires publics ou privés, usages etc.).

Les centres-villes denses

Les centres-villes denses ont la réputation d'être des espaces dans lesquels la déconnexion des eaux de pluie est compliquée du fait notamment de la

© ph.guignard@air-images.net

Croix de Chavaux, Montreuil

présence d'infrastructures considérées comme fragilisées par la présence d'eau (fondations, réseaux divers). Des solutions existent pourtant :

Rendre poreuses des surfaces minérales

Une proportion importante des espaces libres est utilisée pour la circulation des personnes et des véhicules, que ce soit au cœur des parcelles (dans les cours et jardins) ou sur l'espace public. Cela n'est pas incompatible avec l'infiltration des eaux pluviales :

- Des revêtements perméables (résines ou enrobés poreux) autorisent le passage des piétons tout en permettant à l'eau de rejoindre le sous-sol ;
- Des surfaces en pavés ou en dalles dont les joints sont gardés poreux (sable, herbe par exemple) absorbent facilement les pluies courantes sans pour autant empêcher des usages quotidiens. Lorsque ces sols existent et sont posés sur des sous-couches perméables, ils devraient être conservés, entretenus et/ou redécouverts ;
- Il faut également privilégier des bétons poreux ou des mélanges grave/sable pour les sous-couches et limiter le recours systématique au béton étanche.

Pour les voies dont l'espace est contraint, il est possible de créer des chaussées stockantes (ou « chaussées à structure réservoir »). Elles sont construites avec des matériaux poreux permettant à l'eau d'être récupérée sous la chaussée puis de percoler doucement dans les sous-sols. Cette structure poreuse peut-être réalisée de différentes manières comme en grave (granulat) tassé, ou encore avec des structures alvéolaires ultra-légères (SAUL, en matière plastique). Le revêtement de la chaussée peut-être également poreux (enrobé poreux par exemple) et permettre à l'eau de s'infiltrer dans la structure de manière répartie, ou être imperméable, et dans ce cas l'eau est dirigée vers la structure par des avaloirs disposés sur les bords de la chaussée.

Certains ouvrages comme les tranchées infiltrantes linéaires (remplies par exemple de gravier) peuvent aussi permettre, dans des espaces contraints, d'infiltrer l'eau sur une emprise limitée. Sur un principe similaire peuvent également être envisagés les puits d'infiltration[1], qui se rencontrent encore aussi bien en milieu dense (places publiques, jardins privés) que dans les bois parisiens...

D'autres techniques courantes sur voirie peuvent être mobilisées comme les gargouilles sur trottoirs qui conduisent souvent aux caniveaux les eaux des propriétés riveraines mais pourrait aussi contribuer à une gestion en surface plus large, par exemple en étant acheminées vers des espaces plantés. De nombreuses villes françaises et étrangères en sont encore équipées (Aubervilliers, Bordeaux, Nantes, Orléans, Saint-Malo... Grenade). Ces dispositifs méritent d'être préservés et entretenus lorsqu'ils existent.

Végétaliser les espaces privés et publics, même dans le cas de petites surfaces : toitures, cours, trottoirs

Dans le tissu urbain dense, il est nécessaire d'identifier les surfaces, même réduites, susceptibles d'être désimperméabilisées et végétalisées. Les toitures représentent des surfaces très importantes. Elles peuvent évoluer, particulièrement lorsqu'il s'agit de toitures terrasses, vers des toitures végétalisées capables d'abattre les pluies courantes. Au niveau du sol, il faut organiser, partout où c'est possible, des zones en pleine terre ou des bacs et jardinières plantés, capables d'infiltrer ou d'évaporer les eaux qui n'ont pas pu être abattues par les toitures. Les cœurs d'îlots représentent en effet une surface non négligeable dans les tissus denses où peuvent être mises en œuvre des solutions visant à supprimer le raccordement au réseau, ou au moins à diminuer les volumes ruisselés.

© Apur

Gargouille sur trottoir, Bordeaux

© Apur

Déconnexion de gouttière, Orléans

1 – Voir exemple lyonnais du T6 dans la fiche 15.

Les plantations en pied de façades, courantes dans des villes comme Amsterdam, Anvers, Londres, ou Bordeaux, Lille, Rennes…, peuvent être expérimentées sur rue comme sur cour et jardin. Elles peuvent prendre des formes diverses (plates bandes, jardinières…) susceptibles de recevoir les eaux de ruissellement de façade et toute ou partie des gouttières.
Ce système favorise le « verdissement » de la ville et la création d'îlots de fraîcheur grâce à une végétation bien alimentée en eau. Malgré leur position sur l'espace public, les agréments (plaisir, confort) liés à ces espaces plantés sont tels que nombre d'usagers sont prêts à en assumer la gestion.
Plus largement, sur les espaces publics, le ratio entre les espaces minéraux et plantés peut évoluer vers plus d'emprises en pleine terre sans pénaliser les usages existants. Dans le cas d'arbres d'alignement, les pieds d'arbres peuvent recevoir les eaux de ruissellement et des fosses d'arbres continues peuvent être créées. La nouvelle surface plantée pourra alors infiltrer ses propres pluies et celles du trottoir qui la borde. Ces emprises, selon les contextes, sont appropriables par les riverains : plus la végétation est abondante et entretenue mieux ces espaces jouent leur rôle de rétention et d'évaporation des eaux de pluie.
De nombreux espaces publics déjà plantés peuvent aussi recevoir davantage d'eau de pluie. Leur transformation peut relever de solutions simples :

- réinventer le nivellement pour stocker les eaux en surface et les acheminer par des ruisseaux lisibles ;
- incliner le sol des emprises peu circulées vers les plantations existantes ;
- araser les bordures autour des espaces plantés, renouer avec le dispositif des gargouilles sur trottoirs pour conduire les eaux des emprises privées vers les fosses d'arbres ou les tranchées d'infiltration ;
- utiliser les espaces publics libres comme lieux de stockage se transformant en miroirs d'eau lors d'évènements pluvieux[2].

Travailler par petits bassins-versants et mutualiser la gestion des eaux de ruissellement. Profiter de la densité d'habitants et d'usages pour utiliser les eaux pluviales

Les grandes surfaces de toiture et la complexité pour trouver à chacune d'elles un espace au sol pour la gestion des eaux de ruissellement, peut conduire à concentrer les eaux de plusieurs toitures vers un même point. Cette mutualisation par petits « bassins versants urbains », par exemple à l'échelle de l'îlot, peut avoir plusieurs finalités :

- Rediriger ces eaux vers un espace planté à proximité aménagé ou réaménagé en conséquence. Il s'agit par exemple d'un espace public comme un

© Apur

© Apur

Façades plantées, espaces privés, Paris 12e

2 – Voir aussi fiche 2 : « Comment gérer les eaux pluviales dans l'espace public (voirie, espaces verts) ? ».

© Mustapha Zerriahen

Toit végétalisé, rue de Paradis, Paris 10e

© Jean-Pierre Viguié - DEVE - Mairie de Paris

Toit végétalisé, rue Lobau, Paris 4e

© Apur

Congrégation de la Mission lazariste, maison provinciale, 88-90 rue du Cherche-Midi - Vue des jardins, Paris 6e

© Apur

Oeuvres de Saint-Casimir, 119-121 rue du Chevaleret Vue du jardin intérieur du monastère, Paris 13e

square, ou d'une cour en pleine terre récupérant les eaux des différentes copropriétés qui la bordent. Un jeu de nivellement peut être l'occasion de faire réapparaître l'eau en ville à travers de petites zones humides ou de petits bassins naturels gérant les variations des pluies courantes et jouant un rôle d'agrément et de rafraîchissement.

- Rediriger ces eaux vers un réservoir de stockage. La mixité d'occupation (logement, activités, commerces) favorise une diversité d'usages possibles pour l'utilisation des eaux de pluie avant son éventuel rejet au réseau d'assainissement.
- L'eau stockée peut être exploitée gravitairement ou par pompage mécanique.
- Le stockage des eaux pluviales dans des cuves, implantées dans les cours d'immeubles, dans les sous-sols des bâtiments ou en terrasse peut permettre des économies d'eau potable pour l'arrosage et le nettoyage des parties communes. En dehors des économies d'eau et des réductions des rejets en égout, ces usages contribuent à renforcer les liens sociaux entre les habitants et à sensibiliser à la préservation de la ressource en eau.
- La collecte mutualisée des eaux de toiture de plusieurs bâtiments peut également servir à alimenter des sanitaires. Cette solution est particulièrement adaptée à des lieux fréquentés : des programmes avec une forte densité

© Agence Quatrevingtdouze

Le nivellement des emprises imperméables est conçu pour alimenter les emprises perméables, Asnières-sur-Seine

© Agence Quatrevingtdouze

Tranchée plantée continue dans un tissu dense, centre d'Asnières-sur-Seine. L'eau des trottoirs est récupérée gravitairement dans l'espace vert, l'eau des voiries par le biais de bordures ajourées le long du caniveau

d'usagers comme les bureaux, les logements étudiants ou des établissements accueillant du public avec une forte consommation sur un temps court (restaurants, salles de concerts…). Les cuves doivent être dimensionnées en fonction des besoins en eau et d'une réduction maximale des rejets en égouts, et non en fonction de la pluviométrie. Elles peuvent être de taille réduite pour être fréquemment vidées et jouer leur rôle dans l'abattement des eaux de pluie tout en répondant aux contraintes spatiales d'un contexte urbain dense[3].

Les tissus de petite échelle (pavillonnaire)

Les tissus de petite échelle peuvent être composés de différents types de bâti allant du pavillon isolé sur sa parcelle à un ensemble urbain formé d'un enchevêtrement de maisons individuelles constitué au fil du temps autour de rues étroites. Entre ces deux extrêmes, toute une déclinaison de densités, de surfaces de parcelles et de largeurs de voies constitue ce type de tissu très présent dans la métropole. Bien que relativement stable, il a tendance à se densifier progressivement. Sa contribution à une gestion à la source des eaux de pluie est stratégique.

Exploiter le potentiel des jardins privés

Le tissu pavillonnaire, dont une grande part a été réalisée pendant la première moitié du XXe siècle, offre en cumulé d'importants espaces plantés. Les îlots sont souvent constitués d'un grand nombre de petites parcelles (souvent en longueur), dont la surface peu construite contribue à l'aération des quartiers. Généralement l'emprise bâtie implantée à l'avant de la parcelle est complétée d'un jardin à l'arrière. La solution la plus courante consiste

© ph.guignard@air-images.net

Nogent-sur-Marne

© DRIEA-Gobry

Paray-Vieille-Poste

© ph.guignard@air-images.net

Savigny-sur-Orge

3 – Voir : Cerema, *L'intérêt de l'utilisation de l'eau de pluie dans la maîtrise du ruissellement urbain. Les enseignements d'un panorama international*, Bron, Cerema Collection : Connaissances, 2018.

© Apur – Maud Charasson

Cuves dans une résidence pavillonnaire, Sainte-Geneviève-des-Bois

à rediriger les eaux des toitures vers le fond des jardins. La surface des jardins est souvent suffisante pour gérer les eaux ruisselant sur les toitures.
La récupération puis l'utilisation des eaux de toitures dans la maison et le jardin sont aussi adaptées à ce type de forme urbaine. Le trop-plein de la cuve peut être dirigé vers un espace dédié à l'infiltration ou l'évaporation dans le jardin.
Cette solution a l'avantage de responsabiliser les habitants sur leur consommation d'eau et leurs pratiques écologiques dans la maison. Elle permet aussi de créer du lien social à l'échelle du quartier comme en témoigne l'expérimentation menée par le département du Val de Marne à Chevilly-Larue.

La transformation des voiries : les espaces de stationnement

Les espaces publics de voirie sont généralement de petite échelle mais l'espace alloué au stationnement des véhicules sur la voirie est important. La désimperméabilisation de ces linéaires, qui peuvent représenter jusqu'à 50 % de la chaussée, est un véritable enjeu.
La transformation des places de stationnement peut également être envisagée dans le cas de politiques de réduction de la place de la voiture en ville. Dans ces situations les places supprimées peuvent être remplacées par des emprises en pleine terre susceptibles d'être végétalisées. La reconquête d'espaces plantés sur la voirie va dans le sens du développement de la biodiversité en ville et permet de renouer avec la tradition paysagère de la cité-jardin.
Lorsque la largeur des trottoirs le permet des fosses d'arbres continues peuvent récupérer à la fois les eaux du trottoir et celles des espaces privés devant les pavillons (allées de garages, perrons) lorsqu'elles sont imperméables et ruissellent vers l'espace public.

Le contrôle des conformités de branchement : un levier pour transformer le tissu pavillonnaire

Dans le cas de zones dont l'assainissement est en séparatif, les visites pour le contrôle des branchements des eaux pluviales et usées peuvent être un levier pour promouvoir une déconnexion des eaux pluviales. L'identification des mauvais branchements et la nécessité de réaliser des travaux de mise en conformité sont une opportunité pour faire de la pédagogie auprès des propriétaires en les incitant à rechercher une solution d'infiltration/évaporation sur leur parcelle plutôt que le raccordement de leurs eaux de ruissellement au réseau pluvial.

Les zones d'activité

Les zones d'activité forment des tissus urbains particuliers : les emprises imperméabilisées sont très étendues et caractérisées par de grandes surfaces de toitures et d'aires de services (parkings, emprises circulées…). Les espaces libres y sont généralement conçus en fonction de contraintes logistiques.

Exploiter les vastes surfaces de toitures

L'exploitation de ces surfaces pour la gestion des eaux de pluie peut se faire par leur végétalisation, ce qui implique que la structure porteuse soit capable de reprendre des charges supplémentaires pour installer le substrat et retenir l'eau. Ces toitures peuvent aussi servir de stockages temporaires, pour une partie des eaux de pluie avant leur évaporation progressive. L'adaptation est alors minime puisqu'il suffit souvent, lorsque les capacités portantes l'autorisent, de remonter la hauteur des acrotères et celle des points de rejet pour retenir l'eau[4].
La capacité des grandes surfaces imperméabilisées des toitures à collecter un grand volume d'eau de pluie en fait aussi de véritables « collecteurs », des générateurs de ressource en eaux brutes. L'eau collectée peut être redirigée vers des réservoirs aériens ou souterrains pour une utilisation sur site.

© Apur

© Apur

Espaces publics plantés et minéraux gérant les eaux pluviales, quartier des Trois Rivières, Stains

4 – Voir plus loin : « Quels types de surfaces pour réduire le ruissellement et faire une ville perméable ? ».

Elle peut servir à des usages « classiques » : arrosage des espaces plantés, nettoyage des emprises non bâties, alimentation des réserves incendie. Mais elle peut également s'intégrer dans le cycle des process industriels du site. Dans cette optique, les différents usages potentiels doivent être identifiés : ceux qui peuvent être mutualisés, ceux pour lesquels la qualité des eaux de pluie peut être adaptée, ceux qui peuvent nécessiter un traitement léger etc.

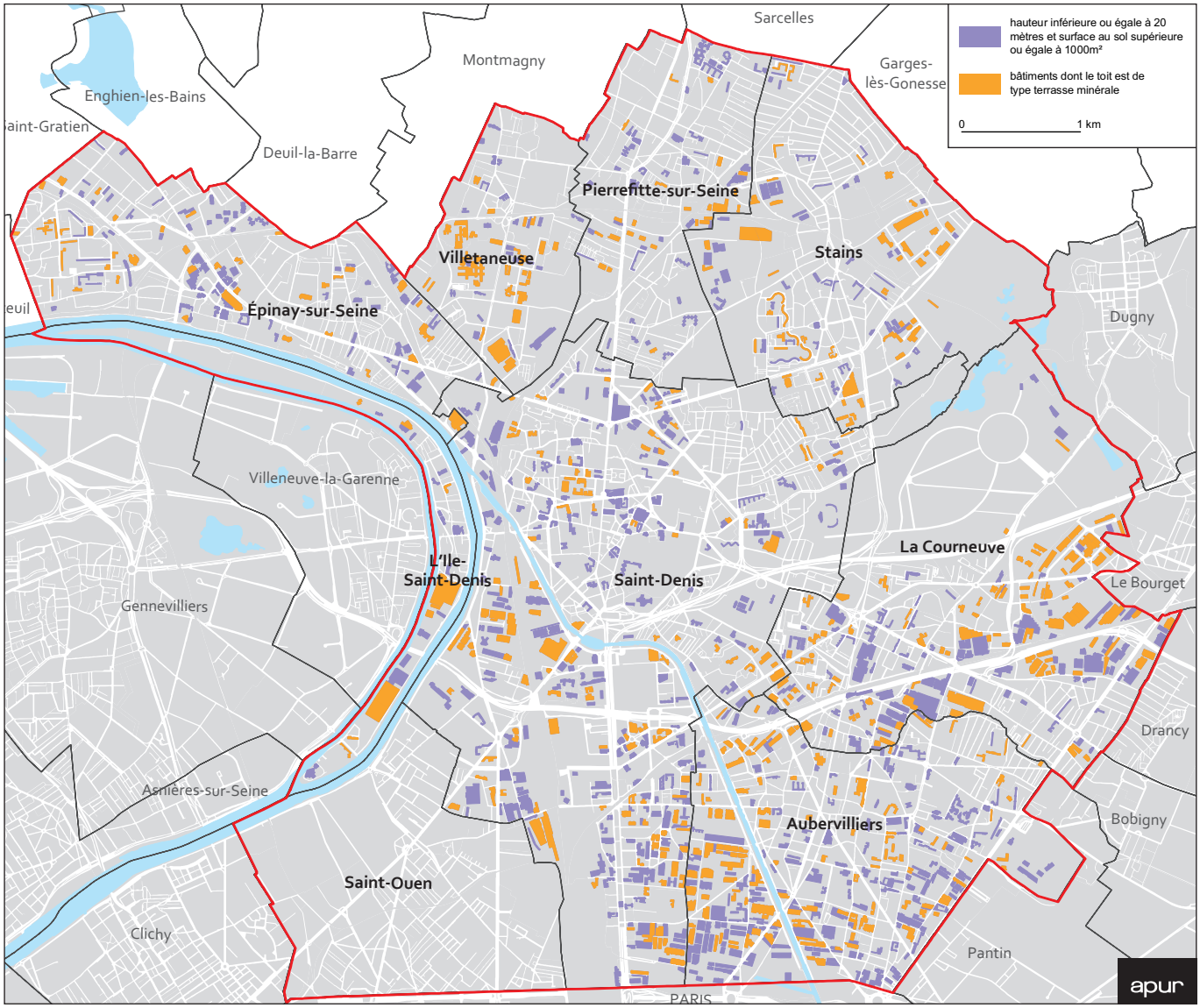
Dans certains cas, le stockage et l'utilisation des eaux pluviales peuvent être un levier précieux pour organiser des synergies et mettre en place une écologie industrielle : des simulations menées sur la ZAE Jean Mermoz/Rateau (La Courneuve) ont montré qu'il était envisageable d'installer une station de lavage de camions commune pour tout le site ainsi que des bornes pour l'approvisionnement en eau brute (à partir desquelles peut être tiré un réseau selon les besoins). Ces dispositifs peuvent être alimentés par les eaux de pluie récupérées sur les vastes toitures des emprises bâties.

L'utilisation de l'eau de pluie dans le cadre des zones d'activités peut nécessiter un complément par d'autres sources pour sécuriser la continuité d'approvisionnement. Dans le cadre d'une étude menée sur l'eau brute dans le territoire de Plaine Commune c'est l'option qui a été retenue pour le site Paprec : la ressource en eau pluviale récupérée depuis les toitures peut être complétée par du pompage en nappe. Les usages prévus pour ces eaux brutes sont le lavage des camions par un portique à rouleaux et le nettoyage des sols des bâtiments.

© ph.guignard@air-images.net
Livry-Gargan

© ph.guignard@air-images.net
Thiais

© ph.guignard@air-images.net
Aubervilliers



Sources : Apur, emprises du bâti : CG 93, image proche infrarouge, MNT, MNE, InterAtlas 2008

GRANDES SURFACES DE TOITURES (AVEC INDICATION DES TOITURES À DOMINANTE TERRASSE)

© Aire Conseil

© Apur

Bassin enterré de 60 m³ de récupération des eaux pluviales et de réutilisation pour l'arrosage des serres de La Courneuve, vues pendant et après les travaux

© Apur

Noue plantée, rue Galien, Saint-Ouen

© Apur

Vue d'un atrium de bureaux ouvert et planté de différentes strates, Paris 13e

Exploiter la grande dimension des parcelles et des installations

Les espaces non bâtis des zones d'activités sont strictement fonctionnels : espaces de circulation des véhicules, de stationnement, de chargement et de déchargement, de stockage, de nettoyage…

Ce type d'aménagement laisse place à de nombreux espaces interstitiels : en limites de parcelle et d'emprises circulées, entre deux parkings ou entre deux surfaces bâties… Ils peuvent permettre l'installation d'ouvrages d'infiltration linéaires ou ponctuels tels que des espaces plantés (noues, fossés…) ou des bassins en eau. Ils peuvent être liés à la récupération des eaux de pluie sur les toitures, ou servir d'exutoires pour le trop-plein de ces toitures.

Au sol les grandes surfaces de parkings font pendant aux grandes surfaces de toitures. Organiser leur désimperméabilisation par l'usage de matériaux poreux (dalles enherbées, enrobé poreux etc.) représente un levier non négligeable en matière de gestion locale des eaux pluviales. Ces grandes surfaces minérales généralement de couleur sombre captent les rayonnements solaires et leur transformation permet également de lutter contre les îlots de chaleur urbains.

Ces différentes actions peuvent avoir vocation à transformer l'aspect global des zones d'activités et à les faire contribuer à une amélioration des paysages. Le travail de requalification par le végétal effectué par une entreprise comme Point P sur ses différents sites (bassins plantés pour la récupération des eaux de toitures, zones humides pour le traitement des eaux, nouvelles plantations, etc.) témoigne d'une volonté d'intégrer la zone d'activité à un projet de ville plus résiliente mais aussi plus accueillante au service d'une identité d'entreprise.

© Agence Quatrevingtdouze

Places de stationnement végétalisées du complexe sportif du Lac, Courcouronnes

© Laurent Bourgogne – Mairie de Paris

Cour Oasis de l'école Charles Hermite intégrant la désimperméabilisation des sols, Paris 18e

La Plateforme du bâtiment d'Aubervilliers

Porté par : Saint Gobain Distribution Bâtiment France
Localisation : Aubervilliers (85 Bd Félix Faure)

Cette réalisation fonctionne depuis plusieurs années (2010) sur un site de 2,4 hectares fréquenté par 1 200 personnes par jour. Elle traite les eaux pluviales, les eaux de ruissellement de voiries et les eaux usées par le biais d'espaces plantés. Ces espaces paysagers contribuent aussi à améliorer la biodiversité et le confort de vie.

© Apur
Bassin de récupération des eaux de voirie, Point P, Aubervilliers

© Apur
Noue des eaux de toiture, Point P, Aubervilliers

Gestion des eaux pluviales
Un réseau de noues de traitement par les végétaux et d'infiltration a été mis en place autour des bâtiments. Il intègre une démarche de développement durable en recyclant des eaux chargées avant leur infiltration dans le milieu naturel (régénération des ressources et une réduction des nuisances). Il vise aussi à contribuer à la conservation d'espèces végétales et animales en voie de disparition.
Le principe d'aménagement est basé sur le paysagement des bassins par des plantes aquatiques et semi-aquatiques agencées en ceintures végétales étagées selon les hauteurs d›eau. Cette composition, inspirée des milieux humides, comporte des strates herbacées de roselières, phragmitaies, jonçaies et cariçaies.

Les aménagements de traitement sont composés de :
- 560 m² de noues plantées et de bassins pour les eaux de toitures autour du bâtiment A ;
- 160 m² de noues plantées pour les eaux de parkings ;
- 400 m² de filtre de piégeage situé au niveau du rond-point : bassin B ;
- 200 m² de bassin planté de différentes séquences végétales à capacité épuratoire afin de réutiliser les eaux dans le bâtiment et pour les espaces verts.

Le Jardin Filtrant® est constitué de deux étages de traitement :
- Un premier étage de filtres fonctionne en écoulement vertical et en condition aérobie, sans aucune mauvaise odeur. Les effluents sont filtrés par une couche superficielle de graviers dans laquelle la rhizosphère est très développée. Ce massif, étanché par une géomembrane, est principalement planté de Phragmites Australis. Ils permettent un abattement des MES, des teneurs en DCO et DBO5 et une nitrification. Une couche d'humus se développe en surface des filtres, qui une fois minéralisée est revalorisée dans l'amendement des espaces verts ;
- Les effluents sont ensuite envoyés gravitairement vers des filtres horizontaux, également étanchés, comportant un massif filtrant d'une épaisseur moyenne de 50 cm. Une revanche de 30 cm au-dessus du substrat assure les à-coups hydrauliques en cas d'orage notamment. En fonctionnant en anoxie, les filtres horizontaux permettent de compléter l'abattement en DCO et en DBO5, et de dénitrifier. Cet étage est planté d'un minimum de 5 pieds d'hélophytes au m² (environ 500 pieds sur toute la surface active). Les plantes aquatiques utilisées comprennent des espèces réputées pour leur capacité d'épuration des eaux et leur aspect ornemental.

Chaque étage est composé de deux filtres permettant un fonctionnement en alternance, et de garantir des périodes de repos, nécessaires au temps de digestion du biofilm développé au niveau des racines.

Cette technique de traitement par Jardin Filtrant® permet :
- de ne pas utiliser de produits physico-chimiques pour le traitement des eaux ;
- d'éviter une gestion de boues ;
- de valoriser les produits de coupes des végétaux en compost vert annuellement ;
- de réduire les émissions de CO2 (pas d'énergie consommée, 3 tonnes de carbone par an environ).

Elle contribue aussi à la création et la conservation de la biodiversité :
La biodiversité présente sur toutes les zones humides participe activement à l'épuration de l'eau et à une hiérarchisation de la nature. À l'heure où la biodiversité est une préoccupation pour l'opinion publique, les zones humides préservent les espèces et protègent l'identité des sites. Elles doivent être conçues pour assurer de manière plus volontaire un véritable renouvellement du patrimoine naturel des populations en voie de disparition (insectes, oiseaux, batraciens...).
Le traitement par écosystèmes artificiels favorise un peuplement faunistique et floristique riche et varié qui contribue au développement de la biodiversité et à la création de sites conservatoires pour la faune et la flore.

AILLEURS DANS LA MÉTROPOLE
Un projet du même type a été réalisé à la Halle de Pantin sur 5 hectares. 110 bis avenue du Général Leclerc à Pantin. Les deux sites sont propriétés de Saint Gobain Distribution Bâtiment France.

Les équipements structurants à différentes échelles.
En parallèle d'un travail sur l'évolution des tissus, la transformation des équipements structurants doit être envisagée : écoles, collèges, lycées, équipements culturels et sportifs, gares, etc.
Leur contribution à une gestion à la source des eaux de pluie est importante à la fois en raison des grandes emprises qu'ils représentent, mais aussi pour leur rôle emblématique auprès des usagers. Leur fort potentiel est aussi lié au fait qu'ils dépendent d'acteurs publics clairement identifiés et en nombre limité.
Le mode de gestion des eaux pluviales de ces équipements dépend de leur fonction et de leur fréquentation. Les équipements accueillant un public nombreux pourront avantageusement se servir des eaux de pluie récupérées pour l'entretien (nettoyage, arrosage…) et pour l'alimentation des sanitaires. Le pluvial est également l'occasion de penser les espaces plantés qui accompagnent souvent ces équipements (cours d'écoles, jardins des musées, etc.).
Leur fonction d'accueil du public peut en faire des éléments clés dans l'optique d'une ville résiliente : l'intégration de la gestion des eaux pluviales (par des solutions végétales, la présence de l'eau en surface…) peut permettre de faire de ces équipements des îlots de fraîcheur qui offrent aux habitants des refuges en cas de fortes chaleurs. La gestion des pluies est alors un levier dans la construction d'un maillage territorial d'équipements résilients. La Ville de Paris a inscrit ce principe au sujet des cours d'école dans sa Stratégie de Résilience. L'objectif est de les transformer en « véritables îlots de fraîcheur »[5].

5 – Action 10 du pilier 2.A « anticiper les risques et adapter les infrastructures » (https://api-site-cdn.paris.fr/images/95335, consulté le 27/06/18).
6 – Voir aussi fiche 8 : « Comment infiltrer près d'une structure de voirie, au pied d'un bâtiment ? Quelles sont les précautions à prendre ? ».

Comment gérer les eaux pluviales dans l'espace public ?

Qu'il s'agisse de la réalisation de nouveaux aménagements ou de la transformation de l'existant, la prise en compte de la question pluviale dans les espaces publics est capitale : il s'agit de réalisations pour lesquelles les collectivités possèdent un pouvoir de décision tout au long du processus. Les espaces publics et en particulier la voirie représentent une part non négligeable du territoire de la métropole : en moyenne 15 % des surfaces. Pour Paris (sans les bois) les espaces publics de voirie représentent 25 % de la surface.

La voirie et les stationnements

Faire évoluer les manières de concevoir les voiries et les aires de stationnement doit être un objectif prioritaire.

Des actions simples

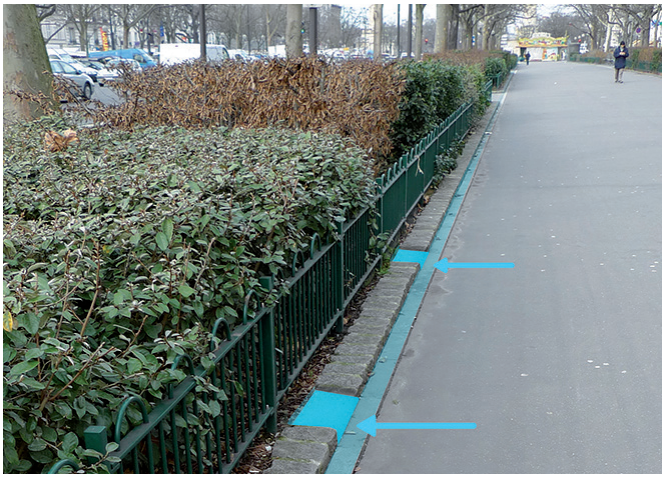
La réfection ou la transformation d'une voirie (installation d'un parcours cyclable, d'une voie de bus en site propre, d'une ligne de tramway…) peut-être l'occasion de modifier son fonctionnement en faveur d'une meilleure gestion des eaux de pluie. Il s'agit souvent **d'adapter le profil de la voirie** pour que les écoulements soient dirigés vers les emprises perméables existantes (fosse d'arbre, bandes plantées) [6]. **La suppression de tout ou partie des bordures** qui entourent les espaces plantés en pleine terre permet de rediriger l'eau de pluie sans engager de travaux importants. Pour pallier les problèmes de détritus, des bordures ajourées peuvent être installées.

Enfin **les zones déjà plantées peuvent être reliées entre elles**, comme dans le cas des linéaires de pieds d'arbres continus qui constituent également un levier pour maîtriser le ruissellement. Cette transformation peut se faire par un changement de revêtement quand ces linéaires existent déjà mais sont constitués de matériaux imperméables (stabilisé, béton…). La constitution de ces continuités végétales contribue à un

© Apur
Bordure pleine, rue Marie-Georges Picquart, Paris 17e

© Apur
Grille perforée, boulevard Péreire, Paris 17e

© Apur



© Apur

Reprise des bordures des jardinières et des joints des pavés existants. Contre allée du cours de Vincennes, Paris 12e. Photomontage Apur

© Agence Quatrevingtdouze, Hunter Consultants

Stationnement « en Lincoln », Les Mureaux

changement qualitatif du paysage urbain tout en permettant d'infiltrer les eaux de pluie et de recevoir les eaux de trottoirs d'une surface au moins équivalente.

De nombreuses solutions adaptables

Dans le cas de projets de nouvelles voiries, la gestion de la totalité des eaux de pluie peut être intégrée dans la conception à l'aide d'un panel de solutions tirant parti de la linéarité des ouvrages :

- Des techniques minérales sur (et sous) chaussées : tranchées infiltrantes aux lieux de caniveaux pour l'eau de la chaussée qui pourra également servir à piéger les pollutions, chaussées stockantes pour l'infiltration de l'eau dans la structure de la voirie… Mais aussi sur les trottoirs avec l'utilisation de revêtements perméables infiltrant (pavés à joints poreux par exemple).
- Des techniques végétales (sur les trottoirs) comme des bandes enherbées permettant d'infiltrer l'eau des trottoirs ou encore le décaissement des pieds d'arbres plantés.

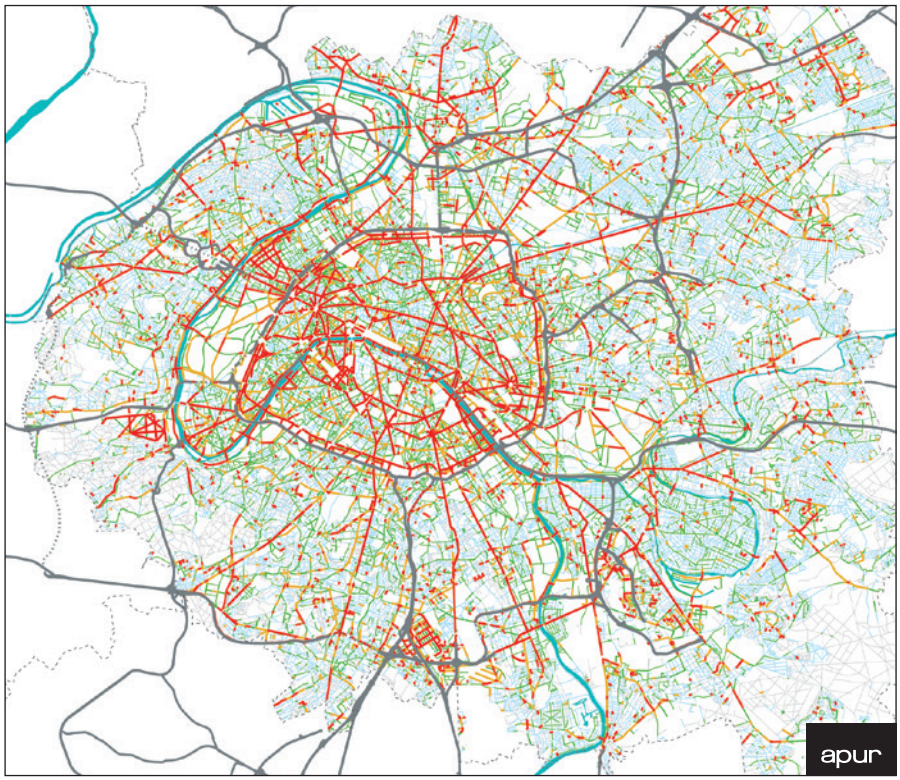
Les linéaires de stationnement représentent également un stock de surfaces mobilisables pour la gestion des eaux de pluie : leur revêtement peut être transformé indépendamment de celui de la chaussée et intégrer des bandes infiltrantes (dalles enherbées ou dalles stabilisatrices de gravier, revêtements poreux, etc.). L'installation de systèmes « en Lincoln » (stationnement ponctuel sur trottoir) alterné avec des plantations est également une opportunité et permet de créer entre les places de stationnement des bandes plantées susceptibles de recevoir les eaux de trottoir.

© Apur - Arnauld Duboys-Fresney

Stationnement « en Lincoln », Rue de Châteaudun, Ivry-sur-Seine

Caractériser des types d'espaces publics de voirie pour déterminer les solutions à mettre en œuvre

Le choix des solutions les plus adaptées doit se faire en rapport avec les différents profils de voirie existants. Pour cela il est utile d'établir des familles de solutions en fonction des types de voies, de leur gabarit, des densités de circulation des véhicules et d'usages des piétons, des risques de pollution etc. Toutes les échelles de voirie sont concernées par la gestion des eaux de pluie.



LES LARGEURS DE VOIES

- Plus de 30 mètres
- De 25 à 30 mètres
- De 20 à 25 mètres
- De 16 à 20 mètres
- De 12 à 16 mètres
- De 8 à 12 mètres
- Moins de 8 mètres

Source : Bd topo,
filaire pompier, Apur - mai 2014

Le réseau magistral : autoroutes et voies rapides

Les enjeux liés au développement durable, à la qualité des paysages et des mobilités sur lesquels se mobilisent de plus en plus les aménageurs et les gestionnaires du réseau routier offrent l'opportunité d'intégrer la gestion locale des eaux pluviales. Ce réseau joue un rôle potentiel dans la trame verte métropolitaine, dans la mesure où ces infrastructures bénéficient généralement de bandes plantées (talus, terre-pleins). Celles-ci peuvent être aménagées pour gérer les eaux pluviales et, selon les situations, participer à leur dépollution (bassin de décantation, phytoremédiation). Ce réseau représente également de très vastes surfaces de chaussées qui sont adaptées à des solutions de stockage de l'eau dans leur structure puis d'infiltration dans les sous-sols, en particulier en lien avec des revêtements perméables (enrobés poreux) : la vitesse et la fréquence de passage des véhicules ont un effet décolmatant sur ces matériaux, et leur capacité à évacuer rapidement l'eau dans les couches inférieures permet de prévenir les risques liés aux chaussées saturées en eau.

© Christophe Belin - Mairie de Paris - DVD

© Christophe Belin - Mairie de Paris - DVD

Étudier la suppression des trémies routières, exemple de la trémie de la porte d'Italie à Paris (avant/après)

© CD 92

© CD 92

Requalification de la RD920 : terre-plein végétalisé, réduction d'une file de circulation et création de pistes cyclables, avenue Raymond Aron à Antony (avant 2012/après 2015)

Les voies majeures (gabarits de plus de 20 m) et les voies structurantes secondaires (gabarits de plus de 15 m)
Ces voies bénéficient généralement d'un profil large qui permet de développer des solutions de récupération des eaux de trottoir et de chaussée dans des ouvrages plantés linéaires. Leur renouvellement peut fortement contribuer à l'intégration de la question pluviale : création de pistes cyclables, élargissement de trottoirs, réduction du stationnement de surface, amélioration et création d'emprises plantées, développement de voies de tramway… sont autant d'occasions de désimperméabiliser de vastes surfaces de chaussée.

Les voies d'échelle locale
Elles constituent la majorité des voies dans la métropole. De profils variés elles comprennent de nombreuses emprises de stationnement qui peuvent être désimperméabilisées. La contribution de ces voies à la gestion des eaux pluviales peut également se faire par le renforcement de leurs plantations : par la transformation des jardinières ou des fosses d'arbres existantes (en les reliant, en les multipliant), mais aussi par la participation des riverains à leur végétalisation et à leur entretien (type « permis de végétaliser » à Paris, « végétalisons des rues » à Bordeaux, « verdissons nos murs » à Lille, « Embellissons nos murs » à Rennes…).

Pour les pistes cyclables
L'emploi de revêtements perméables sur les emprises créées ou rénovées favorise l'infiltration des eaux de pluie. Ces voies ont l'avantage de ne pas avoir à supporter de lourdes charges et de peu se colmater, ce qui peut constituer des contraintes pour la désimperméabilisation de certaines emprises de chaussées. Le revêtement en asphalte peut être remplacé par une résine ou un béton drainant, capable d'absorber jusqu'à 5 cm d'eau par seconde et de stocker l'eau avant infiltration. Ce type de matériau permet une infiltration diffuse.

© Apur

Voie pavée d'échelle locale, Paris 13e

© Mairie de Paris - DVD

Revêtement perméable, état à 2 ans et 6 mois, avenue Porte d'Ivry, Paris 13e

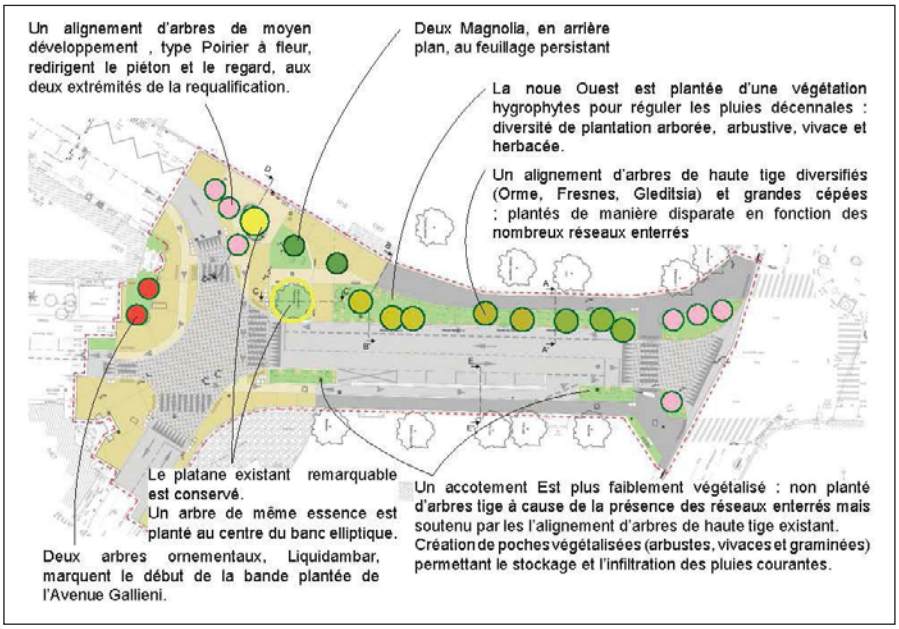
Gestion alternative des eaux pluviales dans un projet de requalification de voirie départementale

Porté par : le Département du Val-de-Marne
Localisation : RD127 à Gentilly

Le Département du Val de Marne, met en place un projet de requalification de voirie au niveau de l'entrée du Département sur la commune de Gentilly.
Les objectifs de cette opération de requalification de voirie sont les suivants :

- Apaiser la circulation et améliorer la cohabitation entre les usagers,
- Favoriser les déplacements à pied,
- Assurer une continuité cyclable,
- Apporter une cohérence dans l'aménagement de l'espace public.

Le Département souhaite profiter de cette opération pour mettre en place une gestion alternative des eaux pluviales, à titre d'exemplarité, par la conception de dispositifs écologiques et durables des eaux pluviales.
Cette recherche de solution qui répond aux prescriptions édictées par le zonage pluvial départemental du Val-de-Marne (94) approuvé le 19 mai 2014, à savoir, mettre en œuvre des techniques qui soustraient au réseau autant que possible, le volume d'eaux pluviales ruisselé, notamment par la déconnexion des pluies courantes (interception des 8 premiers millimètres de pluie), en premier lieu en tentant de l'infiltrer avant d'envisager une restitution avec un débit limité au réseau public.
Pour les pluies plus importantes, il est également recommandé d'envisager d'abord des solutions de rétention à ciel ouvert. Au-delà des 8 mm, les eaux de ruissellement peuvent être rejetées au réseau d'assainissement départemental avec un débit limité à 8 l/s/ha. Cette valeur ne devra pas être dépassée quel que soit l'événement pluvieux à l'origine de ces eaux pluviales.
Actuellement, cette entrée de ville est totalement minérale, et aucune gestion alternative de l'eau pluviale n'est mise en place. L'ensemble des eaux de voirie est rejeté directement dans le réseau d'assainissement départemental unitaire.
La solution qui va être mise en œuvre a été optimisée pour la gestion des eaux pluviales au regard des autres contraintes de l'opération (redistribution de l'espace en faveur des piétons et des cyclistes et respect du budget alloué). Les noues, qui sont en capacité de traiter les pluies courantes, voire pour certaines les pluies décennales, offrent une réponse paysagère qui contribue à améliorer le cadre de vie des usagers.



© DEGOUY - ATM

Végétalisation de l'entrée de ville (stade avant-projet)

Ce projet d'entrée de ville se veut remarquable en termes écologiques avec la création d'espaces verts gérant les eaux pluviales et permet de donner une place prépondérante à la flore associée.
Cet aménagement répond aux exigences suivantes :

- Mise en place d'une gestion alternative des eaux pluviales avec une régulation et une infiltration au minimum des pluies courantes et/ou décennales d'une partie des eaux de ruissellement par un recueil à ciel ouvert et un système de noue végétalisée,
  - Surface totale : 1 879 m²
  - Surface désimperméabilisée : 345 m² soit 18 %
- une désimperméabilisation des sols avec une augmentation des surfaces en pleine terre,
- une désimperméabilisation des sols avec une augmentation des surfaces en pleine terre,
- la création d'îlot de fraîcheur par la végétalisation de l'espace (association d'espace en pleine terre végétalisée et recueillant de l'eau),
- la création d'espaces verts valorisant une biodiversité végétale, avec la création d'un milieu humide, la plantation de différentes strates végétales (arbres tiges, cépées, arbustes, et herbacées).

La réalisation de cet aménagement est prévue pour le premier semestre 2019.

© Est Ensemble

Pavés enherbés sur la place de la Pointe, Pantin

Espaces publics ponctuels, places et parvis

L'intégration des eaux de pluie peut également se faire dans ces espaces quotidiennement fréquentés par les piétons. Ils représentent une opportunité pour la réintégration d'une eau visible dans la ville. La maîtrise du nivellement de ces espaces peut se traduire par un stockage des eaux de pluie en surface et par leur acheminement par des ruisseaux visibles. Le chemin de l'eau peut intégrer des espaces végétalisés existants ou créés à cet effet.

Une plus ou moins grande minéralité des espaces peut être liée à l'intensité des usages de l'espace considéré. Choix de matériaux, techniques de pose, types de plantations… offrent de nombreuses gammes de solutions.

Parcs et jardins

En ville de nombreux espaces à l'intérieur des parcs et jardins sont encore connectés aux réseaux d'assainissement, en particulier les allées dont les revêtements sont imperméables et les toitures des bâtiments. Ces surfaces peuvent, dans la plupart des cas, être facilement déconnectées et leurs eaux pluviales redirigées vers les espaces plantés à proximité. Les toitures peuvent également être connectées à des systèmes de récupération des eaux pour l'arrosage des parcs et des espaces riverains.

© Agence Quatrevingtdouze

Végétalisation sur le parvis de l'Hôtel de Ville, Asnières-sur-Seine

Au-delà de la gestion de leurs propres espaces, les parcs et jardins sont susceptibles d'accueillir une partie des eaux pluviales issues des emprises bâties à proximité. Leurs paysages peuvent s'enrichir de cette ressource en eau (rivières, lacs, mares…) tout en contribuant à l'évaporation, la dépollution (décantation, phytoépuration) et à l'infiltration de ces eaux lorsque les sous-sols le permettent.

Le retour d'une présence de l'eau à la surface peut se faire par la création d'ouvrages nouveaux (canaux, milieux humides…), mais également à travers la redécouverte de cours d'eau, rus et rivières, dont la présence a été progressivement effacée de la surface de la ville par leur artificialisation et leur couverture. La réouverture et la valorisation de ces cours d'eau offrent l'opportunité de transformer les espaces qu'ils traversent : il est par exemple envisagé de rouvrir certains tronçons de la Vieille Mer (93) notamment dans le parc Georges-Valbon. C'est aussi le cas avec la réouverture d'une partie de la Bièvre, au niveau de Haÿ-les-Roses, dans le Parc de la Bièvre. Réintroduire l'eau en surface transforme la physionomie du lieu tout en constituant un lit de rivière propice à la biodiversité et l'amélioration de la qualité de l'eau. Du strict point de vue des eaux pluviales, l'enjeu est, d'une part, de maîtriser les ruissellements en amont de ces cours d'eau, très vulnérables à la pression urbaine et, d'autre part, d'engager une prise de conscience en rapprochant l'usager/citoyen/riverain du milieu naturel.

L'intégration des eaux de pluie dans les projets de parcs et jardins est l'occasion de penser autrement leur organisation et leur paysage : ils évoluent en fonction des précipitations. La végétation elle aussi est différente et l'installation d'écosystèmes jouant des rôles spécifiques (conservation d'un sol perméable par des plantes adaptées, dépollution grâce à des variétés comme les roseaux ou les jacinthes d'eau) permet d'imaginer des environnements qui redessinent le rapport entre le citadin et la nature.

© Apur

La Bièvre à Hay-les-Roses

© Apur

Tracé de la Vieille Mer sur l'espace public

Terrains de jeux de plein air

À l'instar des parcs et jardins, les terrains de jeux de plein air ont un grand potentiel en matière de gestion locale de l'eau de pluie. Les eaux de ruissellement des terrains et des allées qui les desservent peuvent être infiltrées localement ou stockées et utilisées. Les eaux de pluie des bâtiments peuvent aussi être récupérées et utilisées pour l'arrosage et le nettoyage.

De nombreuses villes et de nombreuses grandes places sportives ont fait de la gestion de l'eau de pluie et de l'économie de la ressource en eau une véritable image de marque. C'est le cas notamment de stades en Espagne, en Grande Bretagne, en Chine, aux États-Unis... où l'eau de pluie est utilisée pour l'arrosage, le nettoyage, l'alimentation des sanitaires[7].

© Agence Quatrevingtdouze

© Agence Quatrevingtdouze

Complexe sportif du Lac, Courcouronnes (91). Le terrain d'honneur est arrosé par l'eau de pluie récupérée des toitures-terrasses et des ruissellements au sol. Les eaux pluviales de toitures sont collectées dans une cuve de récupération.

7 – Voir : Apur, *Etude des modalités de valorisation des eaux brutes sur le territoire de Plaine Commune, phase 3 « Vers des solutions techniques et financières »*, août 2016, pp. 72-73.

© Apur

Terrains de jeux intégrant la gestion des eaux pluviales dans l'espace public, Rotterdam – De Urbanisten arch.

© Apur

Terrains de jeux et dispositifs de gestion locale des eaux pluviales, Saint-Denis

Quelles opportunités les opérations d'aménagement offrent-elles pour la gestion à la source des eaux pluviales ?

Qu'il s'agisse de nouvelles réalisations ou de la réhabilitation d'ensembles déjà constitués, les opérations d'aménagement sont un levier pour intégrer la gestion des eaux de pluie.
L'objectif à atteindre est que les futures grandes transformations urbaines soient a minima neutres en termes d'impact pluvial (0 rejet). Elles peuvent aussi contribuer à une nouvelle gestion pluviale dans les secteurs où elles s'implantent (espaces libres susceptibles de gérer une partie des eaux de pluie au-delà de l'opération d'aménagement).
L'échelle de ces opérations permet d'engager une réflexion sur la gestion des eaux pluviales qui dépasse le cadre de l'îlot ou de la parcelle. Les emprises de ces projets intègrent la plupart du temps la création d'espaces publics ou partagés et le ratio entre les espaces libres et les espaces construits peut favoriser des projets de gestion mutualisée des eaux de pluie dans des ouvrages à ciel ouvert (entre les différents lots ou bâtiments). Ces ouvrages permettent de fabriquer un paysage spécifique et/ou de stocker l'eau pour son utilisation (arrosage, nettoyage…).

© Mairie de Paris – DU – MCC – C. Jacquet

Vue aérienne, ZAC Boucicaut, Paris 15e

Les eaux de pluie sont donc à considérer, là encore, comme une ressource pour le projet : à la fois économique (coûts évités en termes de consommation d'eau potable), paysagère et écologique (animer une trame végétale) et sociale (sensibilisation à la présence de l'eau, aussi bien comme ressource que comme risque en cas d'inondation, gestion habitante de réserves d'eaux pour l'arrosage de jardins qui peuvent être partagés).
Ainsi, les ouvrages liés à la gestion des pluies pourront avoir à la fois un intérêt d'un point de vue hydrologique (comme la dépollution d'eaux pluviales destinées à être utilisées pour l'arrosage) et un fonctionnement inscrit dans le quotidien du site. C'est le cas par exemple des jardins de la ZAC des Docks à Saint Ouen, dont la série de bassins-filtrants pour la dépollution des eaux du quartier organise un espace public en bordure de Seine.

Les Zones d'Aménagement Concerté

Dans le cas des ZAC, la prise en compte des eaux pluviales doit se faire dès l'amont du projet. La question de la circulation des eaux de pluie en surface peut aider au dessin du plan d'aménagement : la création d'une trame d'eau visible, de bassins dans un jardin ou un parc, est étroitement liée à la topographie et à la nature des sols et a un impact sur le dessin des voies de circulation. La gestion pluviale peut donc accompagner la conception de l'armature des espaces publics, comme en témoigne par exemple l'Ecoquartier fluvial de l'île-Saint-Denis. Le site est aussi équipé de cuves de récupération des eaux pluviales pour l'arrosage des espaces verts et le nettoyage des voiries.

La construction de bâtiments neufs offre aussi l'opportunité d'intégrer, dès la conception, des dispositifs de toitures fa-

© Mairie de Paris – DU – MCC – J.Leroy

ZAC Boucicaut, Paris 15e

© Apur – Maud Charasson

ZAC des Docks, Saint-Ouen

© Apur – David Boureau

Quartier du Trapèze, Boulogne-Billancourt

© Apur

ZAC Nozal-Front Populaire, Aubervilliers/Saint-Denis

© Agence Quatrevingdouze
Tranchée plantée sur voirie, Les Mureaux

© Apur
Renouvellement de l'espace public sur la cité des 4000 à La Courneuve

vorables à l'abattement des eaux de pluie. Il est en effet parfois contraignant de mettre en œuvre des solutions très performantes sur les toitures de bâtiments existants, qui ne sont pas nécessairement dimensionnées pour des charges supplémentaires. L'unité de conception des opérations d'aménagement rend possible une réflexion sur la « canopée urbaine » afin de faire de cette « 5e façade » un véritable projet. Des toitures plantées et accessibles peuvent à la fois abattre les pluies courantes et accueillir des usages multiples : maraîchage urbain, lieux de rencontre pour les habitants etc. Elles ont par ailleurs des performances énergétiques intéressantes en termes d'isolation et constituent des lieux de rafraîchissement efficaces contre les risques sanitaires associés aux îlots de chaleur urbains. Enfin, la mise en place des panneaux solaires, compatible avec les toitures végétalisées, peut permettre d'augmenter la production d'électricité photovoltaïque.

Dans la ZAC des Docks à Saint Ouen ce sont par exemple les eaux de pluie d'une emprise de 100 hectares qui sont redirigées vers un vaste parc permettant leur dépollution par des jardins filtrants avant leur rejet dans la Seine. La gestion à la source peut simplifier la maîtrise de ces pollutions (matières organiques et métaux lourds, micropolluants).

Les Projets de Renouvellement Urbain

Les opérations de réaménagement de grands ensembles urbains intègrent pour la plupart le renouvellement des espaces publics. Les tissus concernés comportent de grands espaces libres dont l'état s'est souvent dégradé depuis leur création. La gestion des eaux de pluie est l'occasion de repenser leur fonctionnement et leur paysage.

Ne pas intégrer cette dimension, conduit de fait à étendre l'imperméabilisation dans la mesure où les espaces libres, du fait de leur dégradation, sont souvent devenus plus perméables qu'à leur création. Le travail sur la gestion de l'eau effectué dans le PRU des Mureaux (15 000 habitants, travaux de 2008 à 2017) a par exemple été structurant pour redessiner les espaces publics. Il a été possible par le dépôt, en amont du projet, d'un dossier loi sur l'eau qui a fixé des modalités réglementaires de gestion des eaux pluviales sur tout le site (gestion d'une pluie de 35 mm et 0 rejet), aussi bien pour les

© Parti Poétique
La Ferme urbaine de Saint-Denis

acteurs publics (ville) que les acteurs privés (bailleurs, particuliers).
L'ensemble des espaces libres participe d'une gestion de la pluie à ciel ouvert, et le paysage a été transformé entre autre par la réouverture d'un ru (Ru d'Orgeval) dont la présence est maintenant valorisée à l'intérieur d'un parc (Parc Molière). De la même manière dans le cadre de la réhabilitation du quartier des 4 000 Nord à La Courneuve, une étude de faisabilité a été menée pour gérer les eaux pluviales et la nappe phréatique à ciel ouvert dans les nouveaux espaces publics. Le projet a été conçu pour drainer la nappe, liée à l'ancien tracé du ru Saint-Lucien, qui inonde les caves des immeubles depuis de nombreuses années. Un projet global d'espace public permet d'assainir les caves en recréant un ru qui sera susceptible de retrouver la Vieille-Mer, son exutoire naturel, à 1 km à l'aval via le parc des sports ou les 6 Routes de La Courneuve et le Globe de Stains, axe qui devrait muter dans quelques années. Cette démarche opérationnelle permet en outre de construire progressivement une trame verte et bleue en retrouvant d'anciens rus (Saint-Lucien et Vieille-Mer) et en reliant les 4 000 à la Seine.
Au-delà d'une transformation paysagère, la gestion de l'eau peut être l'occasion de repenser le fonctionnement des espaces non bâtis des opérations des « 30 Glorieuses ». Conçus comme des « espaces verts » selon la doctrine moderniste, ils n'ont pour la plupart jamais trouvé leurs usages et sont restés des lieux difficiles à gérer.
Leur transformation peut être l'occasion de développer des usages permettant aux bailleurs d'améliorer et de valoriser leur patrimoine (jardins familiaux ou partagés, aires de jeux…).
La participation des habitants et/ou d'associations à la gestion de ces espaces communs offre la possibilité de développer une économie sociale dans des ensembles souvent défavorisés. Les espaces plantés régulièrement travaillés sont aussi les plus performants en termes d'infiltration des eaux de pluie. La récupération et l'utilisation des eaux pluviales couvrent aussi les nouveaux besoins en arrosage.

En matière de stockage/utilisation, la collecte des eaux de toitures, souvent en terrasse, peut alimenter des cuves pour l'arrosage et le nettoyage, ainsi que les sanitaires des logements. L'économie en eau potable, et celle la gestion partagée des espaces extérieurs, peut être répercutée sur les charges des locataires.

Quels leviers existe-t-il pour une planification urbaine en faveur d'une gestion à la source des eaux pluviales ?

Le code de l'urbanisme prévoit que les SCOT, PLU(i) et cartes communales doivent être compatibles avec les orientations de gestion et les objectifs de qualité des eaux du SDAGE ainsi qu'avec ceux du SAGE. Ces documents d'urbanisme s'inscrivent également dans un contexte réglementaire composé des documents-cadres d'aménagement du territoire (SDRIF[8], SRCE[9], PCAEM[10]…). Leurs orientations stratégiques intègrent, directement ou non, des dispositions favorisant le développement d'une gestion locale des eaux pluviales.
Elles peuvent trouver une traduction réglementaire dans la rédaction des PLU et futurs PLUi[11]. Cela doit se nourrir d'abord des différents documents liés aux problématiques :

- de gestion des réseaux (les Schémas Directeurs du SIAAP, des Départements, des EPT) ;
- de protection des milieux (SDAGE[12], SAGE(s)) ;
- d'objectifs chiffrés et localisés pour l'abattement des pluies (zonages pluviaux et cartes d'infiltrabilité existants).

Ces différents aspects du « volet » pluvial ont déjà été bien intégrés par certaines communes, dont le travail peut servir de matière à la rédaction du PLUi à l'échelle des territoires du Grand Paris.
L'enjeu essentiel reste que l'ensemble des documents de planification intègre un emboitement cohérent, de l'échelle nationale à l'échelle communale, des règlements de ZAC aux fiches de lots.

8 – Le SDRIF vise : « *une gestion des eaux pluviales intégrée à l'aménagement urbain (toiture végétale, récupération, noues, etc.). L'infiltration (des eaux non polluées) et la rétention de l'eau à la source doivent être privilégiées* ».
Région Ile de France, Schéma Directeur de la Région Ile de France, Deuxième volet : Orientations réglementaires (Chapitre 2.1, Polariser et équilibrer : Orientations communes), 2013.
9 – Le SRCE d'Ile-de-France définit précisément les réserves et corridors écologiques de la Région, des espaces souvent susceptibles de participer d'une politique de gestion des eaux de pluie à la source.
10 – Le PCAEM donne des orientations sur la planification de la gestion de l'eau. Elle s'intègre dans la prise en compte des risques climatiques et de l'amélioration de la résilience urbaine.
Action ACC4 — Redonner une place à l'eau et la nature dans la ville : Le soutien à une gestion plus durable des rejets d'eaux pluviales, notamment via le SCoT : — Zonage pluvial et 0 rejet pour les nouveaux projets d'aménagement — Création d'espaces de rétention dans les projets urbains pour favoriser l'infiltration et sensibiliser à la présence de l'eau dans la ville.
11 – Le respect d'une règle de PLU sur les eaux pluviales ne garantit par la compatibilité au SDAGE si le PLU n'a pas été lui-même mis en compatibilité.
12 – Voir objectifs du SDAGE liés à la gestion des eaux pluviales dans la partie « Participation aux politiques publiques environnementales ».

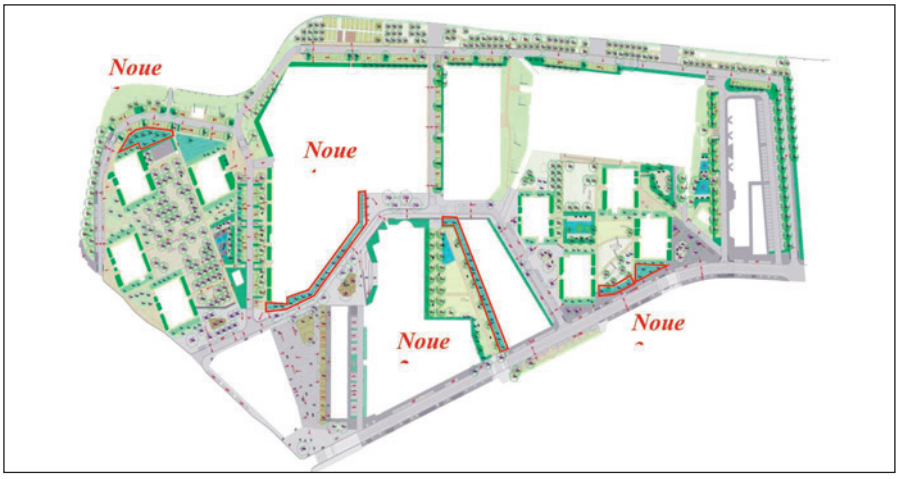
Maîtrise des eaux pluviales dans un projet de rénovation urbaine de quartier

Fossés-Jean/Bouviers : noues et stationnements enherbés pour une gestion optimale des eaux pluviales

Porté par : la Ville de Colombes et ses partenaires, dont l'Agence de l'Eau
Localisation : Quartier des Fossés-Jean / Bouviers

Le périmètre du projet est situé sur la commune de Colombes, dans le département des Hauts-de-Seine (92) à 15 km au nord-ouest du centre de Paris. Il est en limite nord-est de la commune, de Gennevilliers et Asnières-sur-Seine, dans une boucle de la Seine, au sud du port de Gennevilliers.
Dans le cadre de l'opération globale d'aménagement du quartier Fossés Jean-Bouviers (19,7 ha), inscrite dans la convention pluriannuelle ANRU signée le 18 janvier 2008 et ses avenants successifs, la Ville de Colombes a programmé une requalification importante du quartier des Fossés Jean-Bouviers. Les travaux ont démarré il y a un an avec plusieurs espaces déjà livrés. La fin de l'opération est prévue en 2020. Ce projet d'ampleur vise à désenclaver ce quartier situé en géographie prioritaire et à favoriser la mixité sociale.
Les axes structurants de cette opération sont :

- Création d'une centralité de quartier ;
- Réorganisation des circulations et du stationnement ;
- Création de nouveaux espaces verts et renforcement des liaisons douces ;
- Adaptation et création de nouveaux équipements publics ;
- Réhabilitation de plusieurs immeubles de logements sociaux et des espaces extérieurs ;
- Renforcement de la mixité en matière d'habitat (démolitions d'immeubles et construction de logements privés et sociaux).



Localisation des noues sur le plan masse

© Ville de Colombes

La gestion des eaux pluviales sur le périmètre du projet
Le projet se trouve à environ 1 km au sud-est de la Seine. Dans un souci constant d'optimiser la gestion des eaux pluviales et leurs rejets dans la Seine, la Ville de Colombes a prévu dans le cadre de ce projet de diminuer les surfaces imperméabilisées et d'augmenter la surface d'espaces verts.
Concernant l'écoulement des eaux pluviales, elles resteront acheminées par le réseau intercommunal de collecte unitaire vers la station d'épuration de Colombes, située à 1,2 km du projet, avant d'être rejetées vers la Seine. Le surplus d'eau en temps de forte pluie sera toujours déversé directement dans la Seine via un déversoir d'orage.

Avant-projet, le périmètre était largement imperméabilisé. Les espaces publics étant majoritairement composés d'enrobés, on observait un ruissellement important des eaux pluviales qui transitaient ensuite par le réseau communal.

Avec le projet, les surfaces imperméabilisées seront diminuées de l'ordre de 13 % (diminution de 50 % des enrobés) alors que les espaces verts seront augmentés de plus de 12 %, hors noues et stationnements enherbés (cf. tableau II).

L'augmentation des espaces verts diminuera significativement les ruissellements sur l'ensemble du périmètre en permettant une infiltration plus importante des eaux pluviales vers les nappes locales avant rejet au réseau. Celle-ci sera sans risque de pollution, ces espaces n'étant pas situés au niveau de zones polluées, et soulagera le réseau communal et ainsi le risque de déversement direct dans la Seine en cas de forte pluie.

De plus, la création des 4 noues, représentant 1 500 m² d'espaces plantés, ainsi que de 3 600 m² de stationnements enherbés, présentent, outre leur aspect paysager, l'avantage de ne pas rapidement évacuer toute l'eau de pluie vers le réseau communal. Les volumes totaux stockés avec ces dispositifs seront de 250 m³, soit près de la moitié des eaux de surface.

Ces éléments permettront d'améliorer la gestion des eaux pluviales sur le périmètre du projet. Ces noues n'étant pas imperméabilisées, elles participeront également à l'infiltration et à la recharge des nappes locales (cf. tableau).

Nom de la noue	Bassin versant	Superficie (m²)	Durée de la pluie	Volume max (m³)
Noue 1	Bassin 3	359	1h22	49
Noue 2	Bassin 8	551	22h12	18
Noue 3	Bassin 9	238	24h11	12
Noue 4	Bassin 6	340	5h40	39

Source : ARCADIS

Exemples de dispositions pour une gestion locale des eaux pluviales dans les PLU

Article 4 du règlement du PLU
L'exemple de Nogent-sur-Marne[13]

« 4.17- Adopté par délibération du Conseil général n° 2014-3-5.8.33 du 19/05/2014, le zonage pluvial départemental constitue un outil pour une gestion durable des eaux pluviales à l'échelle du territoire départemental dont le principe est de privilégier la gestion des eaux pluviales à la parcelle en favorisant l'infiltration dès que possible, tout en ayant la possibilité, au cas par cas, et en fonction de la nature du projet, de la nature du sous-sol concerné et de la capacité des réseaux départementaux, d'autoriser un rejet à débit limité dans ces réseaux. […]. Les rejets au réseau pluvial départemental qui seront autorisés devront respecter les valeurs de limitation de débit définies dans le zonage pluvial départemental.

4.18- Le Service Public d'Assainissement n'a pas d'obligation de collecte des eaux pluviales issues des propriétés privées. Qu'il s'agisse d'eaux de ruissellement, de toitures ou de revêtements étanches, la gestion des eaux pluviales à la parcelle, sans raccordement au réseau public, doit être la première solution recherchée et cela dès la conception des aménagements qui, le cas échéant, intégreront des dispositifs techniques pour limiter le rejet des eaux pluviales, en débit et en volume, dans le réseau public ; ils feront l'objet d'études spécifiques tenant compte des caractéristiques du sol (perméabilité du sol dans le cas de l'infiltration) et du sous-sol (présence de cavités, de carrières…). La gestion et l'entretien de ces dispositifs devra également être prévue à ce stade. »

L'exemple de Gagny[14]

« a) La gestion des eaux pluviales à la parcelle, sans raccordement au réseau public doit être la première solution recherchée.

b) Lorsque l'infiltration à la parcelle de l'intégralité des eaux pluviales n'est pas possible, notamment en zone de carrières et en zone inondable, l'autorisation de raccordement au réseau pluvial peut être accordée.

c) Les eaux pluviales n'ayant pu être infiltrées sont soumises à des limitations de débit de rejet, afin de limiter, à l'aval, les risques d'inondation ou de déversement d'eaux polluées au milieu naturel. Sur le territoire de Gagny, le débit de rejet autorisé est alors de 7 ou 10 l/s/ha (voir plan 5.6.1 e) – (Annexes sanitaires).

d) Sauf impossibilité technique dans un souci de pérennité, de facilité d'entretien et afin de permettre un écoulement gravitaire, les techniques de stockage à réaliser privilégieront les techniques de rétention à ciel ouvert et faiblement décaissées, esthétiques et paysagères et éventuellement supports d'autres usages pour en faire des espaces inondables multifonctionnels.

e) Aucun trop-plein directement raccordé au réseau n'est autorisé, car l'ouvrage de stockage des eaux pluviales doit jouer son rôle de rétention. »

Article 11 du règlement du PLU
L'exemple de Nogent-sur-Marne[15]

« Les toitures terrasses doivent faire l'objet d'un traitement architectural de qualité (cinquième façade), être végétalisées ou être traitées en toiture terrasse accessible et aménagée. De manière générale, les toitures terrasses devront être prioritairement végétalisées, contribuant à l'objectif de rétention/récupération des eaux pluviales. »

Article 15 : PLU Paris
L'exemple de Paris[16]

« Les dispositions relatives à la gestion des eaux pluviales s'appliquent sans préjudice des dispositions particulières qui pourraient être prises en application de l'article L.2224-10 du code général des collectivités territoriales. Pour toute construction nouvelle ou restructuration de bâtiments existants, des prescriptions tenant compte des capacités d'absorption et d'évacuation des eaux pluviales peuvent être imposées pour limiter le débit des eaux pluviales rejetées dans le réseau d'assainissement. Les dispositions à prendre doivent tenir compte de la capacité de rétention d'eau du terrain en temps de pluie, des caractéristiques et de l'occupation du sous-sol, des caractéristiques constructives et de la vulnérabilité des bâtiments existants conservés sur le terrain ou contigus au terrain, ainsi que des contraintes particulières d'exploitation du réseau. Dans le cas où les caractéristiques du terrain ne permettent pas d'assurer une rétention naturelle d'eau satisfaisante, doivent être prévus des dispositifs de rétention complémentaires aux possibilités du réseau utilisant des techniques alternatives de maîtrise des eaux pluviales. Les aménagements et dispositifs favorisant la récupération et la rétention des eaux pluviales, au sol par la pleine terre, hors sol par la végétalisation des toitures, terrasses, façades ou murs, doivent être privilégiés. La réutilisation des eaux pluviales pour les usages avec lesquels elle est compatible est recommandée, dans le respect de la réglementation. »

Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD)

L'exemple de la ville de Montreuil

« Axe 1 - Montreuil, ville de partage et de solidarités

Objectif 2 - Préserver et équilibrer la mixité sociale tout en assurant la transition écologique et énergétique du parc de logements et lutter contre la précarité énergétique

4 Soutenir la transition écologique du parc de logement

- *Encourager l'infiltration des eaux pluviales à la parcelle.*

Axe 3 — Montreuil, côté nature

Objectif 2 — Développer la nature et l'eau en ville

5 Rendre visible la place de l'eau en ville

- *Permettre la résurgence du ru Gobétue.*
- *Valoriser les mares existantes et développer la gestion intégrée des eaux pluviales par des jardins de pluie, des noues.*
- *S'inspirer du cycle naturel de l'eau en limitant l'imperméabilisation des sols et en favorisant à l'infiltration et l'évapotranspiration des eaux pluviales.*

Objectif 5 — Contribuer à la lutte contre le réchauffement climatique et au développement des énergies renouvelables, notamment par le déploiement d'un réseau de chaleur géothermique

13 – Ville de Nogent-sur-Marne, Plan local d'urbanisme, approuvé le 20 janvier 2014.
14 – Ville de Gagny, Plan local d'urbanisme, approuvé le 26 septembre 2017.
15 – Ville de Nogent-sur-Marne, Plan local d'urbanisme, approuvé le 20 janvier 2014.

LA GESTION DE L'EAU DE PLUIE DANS LES DOCUMENTS D'URBANISME : LE PLU DE SAINT-MAUR-DES-FOSSES ET SON APPLICATION

Un outil pour encourager la réflexion des particuliers sur la gestion des eaux pluviales

Porté par : Ville de Saint-Maur-des-Fossés
Localisation : Saint-Maur-des-Fossé

Après plusieurs années d'incitation à la déconnexion des eaux pluviales de toiture par l'équipe « conformité » de la régie assainissement de la ville de Saint Maur, le principe de la limitation de l'imperméabilisation et du recours aux techniques alternatives a été introduit dans le PLU de Saint-Maur, exécutoire depuis février 2017.

Le PADD qui explique la stratégie d'aménagement et de développement durable de la ville redonne sa place à l'eau en soulignant dans ses principes de mises en œuvre :

- prendre en compte la fonction ressource en eau potable de la Marne notamment par des précautions qualitatives sur des rejets d'eau pluviale ;
- renforcer les exigences de surface végétalisée, d'espace de pleine terre et favoriser le développement de la biodiversité sur le bâti ;
- remettre la question de l'eau dans la ville au cœur des aménagements.

Afin de parvenir à des résultats concrets et des solutions partagées par les différents acteurs, une articulation entre la gestion des eaux pluviales et la place du végétal est proposée.

L'objectif de gestion à la parcelle est systématiquement imposé pour chaque zone du PLU et traduit dans l'article 4 du PLU.

Dans le paragraphe destiné aux eaux pluviales il est précisé :

- le rejet d'eau pluviale dans le domaine public n'est pas autorisé ;
- seul l'excès de ruissellement doit être canalisé après que les solutions susceptibles de limiter l'imperméabilisation ; limiter la concentration des pollutions ; favoriser l'évaporation et l'évapotranspiration ; favoriser l'infiltration aient été mises en œuvre.

Pour les zones résidentielles, il est rappelé :

« Différentes techniques permettent d'atteindre cet objectif de « zéro rejet » d'eaux pluviales pour les pluies courantes (jusqu'à la pluie annuelle) : toiture terrasse végétalisée, noues, bassin sec, bassin en eau, puisard, tranchée d'infiltration, stockage et réutilisation des eaux pluviales pour l'arrosage ou le lavage des espaces extérieurs. En particulier ces techniques devraient être mises œuvre dans les espaces de stationnement libre. ».

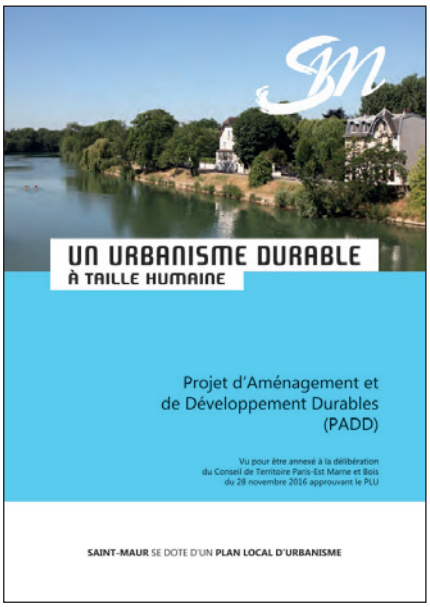
La question de la gestion du ruissellement et de l'infiltration à la source est également traitée dans les articles relatifs à l'emprise au sol (art. 9), aux aires de stationnement (art. 12), aux espaces libres et plantation (art. 13). Pour chaque zone, dans chaque article qui en offre l'opportunité, la limitation de l'imperméabilisation et une exigence de pleine terre sont demandés :

L'article 9, en limitant la constructibilité au-delà d'une bande de 20m à partir de l'espace public, permet d'éviter qu'une parcelle soit entièrement imperméabilisée et préserve ainsi les espaces verts et les jardins des cœurs d'îlots. Elle varie selon les zones de 80% max. dans les zones commerçantes à 30% dans les zones résidentielles.

L'article 13 précise le pourcentage de pleine terre à respecter sur les espaces libres : d'un minimum de 10% dans les zones denses, elle est de 50% dans les zones résidentielles et de 90% dans la zone N (espace naturel).

Pour l'ensemble du territoire de la ville, une OAP Biodiversité s'applique. Elle a pour objectif de « préserver et reconquérir les sols et leur fonction » et pour obligation « de ne recourir à l'imperméabilisation qu'en cas d'absence d'alternatives pour les usages visés », de « concevoir tout nouvel aménagement afin qu'il permette l'infiltration des eaux pluviales, leur stockage via des bassins végétalisés multifonctionnels et leur transport via des noues » et de préserver les trottoirs enherbés.

Après 18 mois de mise en œuvre, si les instructeurs ont bien assimilé les exigences du nouveau règlement, le particulier reste difficile à convaincre, les exigences de limitation d'emprise au sol et de pleine terre étant vécues comme des contraintes. La comparaison avec le tissu urbain existant renforce cette incompréhension et il n'existe pas encore suffisamment d'éléments de langage partagés pour expliquer que ces exigences s'inscrivent dans une dynamique collective servant l'intérêt général, afin de préserver les milieux naturels, la qualité de l'eau et la biodiversité.



AILLEURS DANS LA MÉTROPOLE

Les SAGE et le ruissellement pluvial
http://www.gesteau.fr/sage
Les cahiers d'Est Ensemble
https://www.est-ensemble.fr/sites/default/files/2014_10_17_-_guide_assainissement_particuliers_0.pdf
Guide pratique de l'assainissement – Est Ensemble
https://www.est-ensemble.fr/sites/default/files/ee_assainissement_web_pl.pdf

POUR ALLER PLUS LOIN

Le PLU de Saint-Maur
https://www.saint-maur.com/ma-ville/cadre-de-vie/les-grands-projets/le-plan-local-d-urbanisme-plu-367.html
Les fiches pluviales d'Arceau
http://www.arceau-idf.fr/fr/services%20urbains

3 Améliorer la performance énergétique et encourager le recours aux énergies renouvelables dans le parc existant

- *Favoriser la végétalisation des toits plats de la ville.*
- *Récupérer les eaux pluviales. »*

Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP)

L'exemple de la Ville de Montreuil

Les orientations « eaux pluviales » peuvent également être inscrites dans le cadre de projets d'aménagement, lors de l'élaboration des programmes et des opérations, à travers :

- les consultations de maîtrise d'œuvre ;
- les cahiers des charges des prescriptions environnementales ;
- les cahiers des charges de cession de terrains et fiches de lot.

Les schémas directeurs de rétention des eaux pluviales à l'échelle d'un quartier

Un autre mode d'intégration de l'enjeu de la gestion locale des eaux pluviales dans les projets d'aménagement peut être la définition d'un schéma directeur de rétention des eaux pluviales pour un quartier.

L'exemple des Murs à Pêches à Montreuil[17]

« Dans le cadre du projet d'aménagement du secteur des Murs à Pêches, des études ont révélé que le dimensionnement des conduites d'eau existantes ne permettait pas de contenir les volumes d'eau supplémentaires que l'imperméabilisation du sol dans ce secteur engendrerait. Montreuil a donc défini un Schéma Directeur d'Assainissement pour ce secteur non encore urbanisé, préconisant à la fois :

- *la rétention à la parcelle, par des ouvrages privés à la charge des propriétaires, couplée à de l'infiltration, quand la nature des sols le permet (risques liés au retrait-gonflement des argiles et à la dissolution des gypses) ;*
- *la création de noues en aval et sur les espaces publics : ce sont des fossés faiblement encaissés, destinés à stocker temporairement les eaux pluviales.*

Leur conception leur procure par ailleurs des fonctions paysagères et biologiques.

Une des noues prévues dans ce Schéma Directeur occupera le tracé supposé de l'ancien ru Gobétue. La réaffirmation du parcours du ru dans le nouveau paysage constitue une opportunité pour sa mise en valeur. La faisabilité de ce projet nécessite de mieux connaître les caractéristiques hydraulique et hydrologique du ru. Une pré-étude a été menée en ce sens.

Ces solutions alternatives de gestion des eaux pluviales à l'échelle des parcelles ou des opérations d'aménagement permettent la gestion des eaux pluviales sans nécessairement augmenter la capacité des réseaux, tout en étant souvent plus économiques. »

Les permis de construire

Une instruction des permis de construire intégrant la question des eaux pluviales est la condition d'un effet tangible de ces politiques sur le territoire.

Les services d'urbanisme des collectivités doivent permettre aux pétitionnaires d'être accompagnés sur cette question dès l'amont de leur projet. L'examen des permis doit se faire en vérifiant précisément la prise en compte de la gestion des eaux de pluie, à plus forte raison dans le cas de projets ne relevant pas de la Loi sur l'eau.

16 – Ville de Paris, Plan local d'urbanisme, Approuvé par délibération du Conseil de Paris des 4, 5, 6 et 7 juillet 2016.
17 – Ville de Montreuil, Diagnostic et état initial de l'environnement – Projet de révision du PLU arrêté par le Conseil de Territoire.

La trame verte et bleue

Végétaliser l'espace en fonction de l'objectif recherché :

	Développement de la trame verte et bleue et des corridors écologiques :	Gestion des eaux pluviales et limitation du risque d'inondations :	Lutte contre les îlots de chaleur et le réchauffement climatique :
Arbre ou alignement d'arbres	X	X	XXX
Pelouse ou dalle végétalisée	XX	XX	X
Arbre + pelouse + buisson	XXX	XXX	XXX

Extrait des Orientations d'Aménagement et de Programmation, Plan Local d'Urbanisme de la ville de Montreuil, Projet de révision du PLU arrêté par le Conseil de Territoire en date du 19 décembre 2017

Plan ParisPluie

Exemples de déclinaisons

Porté par : la Ville de Paris
Localisation : Paris

Le 22 mars 2018, la Ville de Paris a adopté son plan de zonage pluvial, le plan ParisPluie. Première collectivité en France à prescrire l'abattement volumique des premiers millimètres de pluie en imposant toutefois la régulation du débit de fuite à l'amont de zones de débordement du réseau, Paris se dote ainsi d'un nouvel outil aux multiples fonctions en fixant un seuil minimal de déconnexion des eaux pluviales de 4, 8, 12 ou 16 mm selon les zones géographiques. **En réduisant les volumes d'eau pluviale envoyés au réseau unitaire, ParisPluie vise à limiter les risques de débordement du réseau et les rejets d'eau unitaire en Seine en temps de pluie donc à limiter la pollution du milieu naturel**. Dans le même temps, les dispositifs qu'il promeut tels que les espaces végétalisés de toute nature ou les matériaux poreux, renouent avec les phénomènes d'échange naturel permettant ainsi de rafraîchir la ville. Applicable dans l'espace public et privé, dans les projets de renouvellement urbain et les zones d'aménagement, le Plan ParisPluie, accompagne aussi les politiques de résilience et d'adaptation au changement climatique de la Ville de Paris comme les deux exemples suivants l'illustrent.

Les cours d'écoles « Oasis » s'inscrivent dans la « Stratégie de Résilience » que la Ville de Paris a approuvée en septembre 2017, en lien avec les équipes pédagogiques. Au gré de leur rénovation, il s'agit de convertir les cours d'école, en îlots de fraîcheur qui peuvent être ouverts aux personnes les plus fragiles en cas de forte chaleur — un potentiel de 80 hectares dont le plus grand nombre pourrait atteindre une déconnexion totale des eaux pluviales. Le choix combine la pose de matériaux poreux de couleur claire et une végétalisation, entretenu grâce à l'eau de ruissellement. Dès l'été 2018, la Ville de Paris, réalise 3 cours pilotes en vue ensuite de déployer sa stratégie sur l'ensemble des cours d'école à rénover : Écoles Daumesnil (12e), Charles Hermite (18e) et Riblette (20e).

La végétalisation des bâtiments parisiens est un objectif prioritaire de la Ville. Cette politique volontariste s'est concrétisée par la signature le 11 janvier 2016 de la charte « Objectif 100 hectares » qui prévoit d'ici 2020, l'implantation de 100 ha de toits, façades et murs végétalisés, dont un tiers consacré à l'agriculture urbaine. De nombreuses études ont démontré le rôle des toitures terrasses végétalisées dans l'abattement volumique des eaux de pluie par évapotranspiration. En outre, ce type de dispositif constitue une bonne isolation thermique principalement l'été, un refuge pour la biodiversité et un capteur de gaz à effet de serre et de gaz polluant. Il est possible d'en pousser la durabilité de manière significative en y créant, en plus, une production agricole. Ainsi, de nombreux projets ont vu le jour, soit spontanément, soit à l'issue d'appels à projets lancés par la collectivité. Une des annexes de l'Hôtel de Ville s'est ainsi vue équipée d'un potager permettant la production de basilic, salades, capucines comestibles, framboisiers, raisins et miel.

© Ville de Paris

Guide d'accompagnement au zonage pluvial

© Ville de Paris

Exemple de fiche du guide d'accompagnement

Enjeu de l'intégration des eaux pluviales dans un Plan Local d'Urbanisme

L'exemple de l'articulation du zonage pluvial d'Est-Ensemble et de son PLUi

Porté par : l'Etablissement Public Territorial Est Ensemble
Localisation : l'Etablissement Public Territorial Est Ensemble

À l'échelle locale, le zonage d'assainissement et d'eau pluviale et le règlement du service public d'assainissement apparaissent comme les principaux outils réglementaires permettant une maîtrise de l'impact de l'urbanisation sur le cycle de l'eau.
Pour autant, ces documents restent peu visibles par les acteurs de la construction, ou sont consultés tardivement lorsque le projet est en passe d'être abouti et que la question spécifique du raccordement au réseau se pose. Fixer des objectifs ambitieux de réduction des débits de rejet ou de déconnexion des eaux pluviales dans ces documents ne suffit pas toujours à inverser la tendance actuelle au raccordement systématique des eaux pluviales au réseau d'assainissement.

Ainsi, l'élaboration en cours du zonage pluvial d'Est Ensemble est guidée par deux orientations majeures :
• D'une part, les enjeux de la gestion de l'eau sur les projets arrivant tardivement dans le processus de conception, il est indispensable de **générer et de préserver des conditions permettant une déconnexion ou une gestion intégrée des eaux pluviales**.

Pour ceci, plusieurs outils non directement liés aux techniques de l'assainissement peuvent être mobilisés les principaux étant les **coefficients de pleine terre et de biotope**s. Ils permettent de s'assurer d'une présence minimale de nature en ville à même de participer au cycle de l'eau (infiltration et évapotranspiration) et contribuent à d'autres avantages systémiques (paysage, biodiversité, réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain, etc.).

Les **principes de construction actuellement généralisés pour la gestion de l'eau au sein des bâtiments doivent également être questionnés**. Les tests menés dans le cadre de l'élaboration du zonage sur 10 opérations de constructions en cours sur le territoire d'Est Ensemble ont montré que la mise en œuvre de descentes EP au cœur des bâtiments, la rétention des eaux en sous-sol, la mise en œuvre de pompe de relevage permettant de faire abstraction de la topographie naturelle peuvent rendre la gestion intégrée complexe à mettre en œuvre.

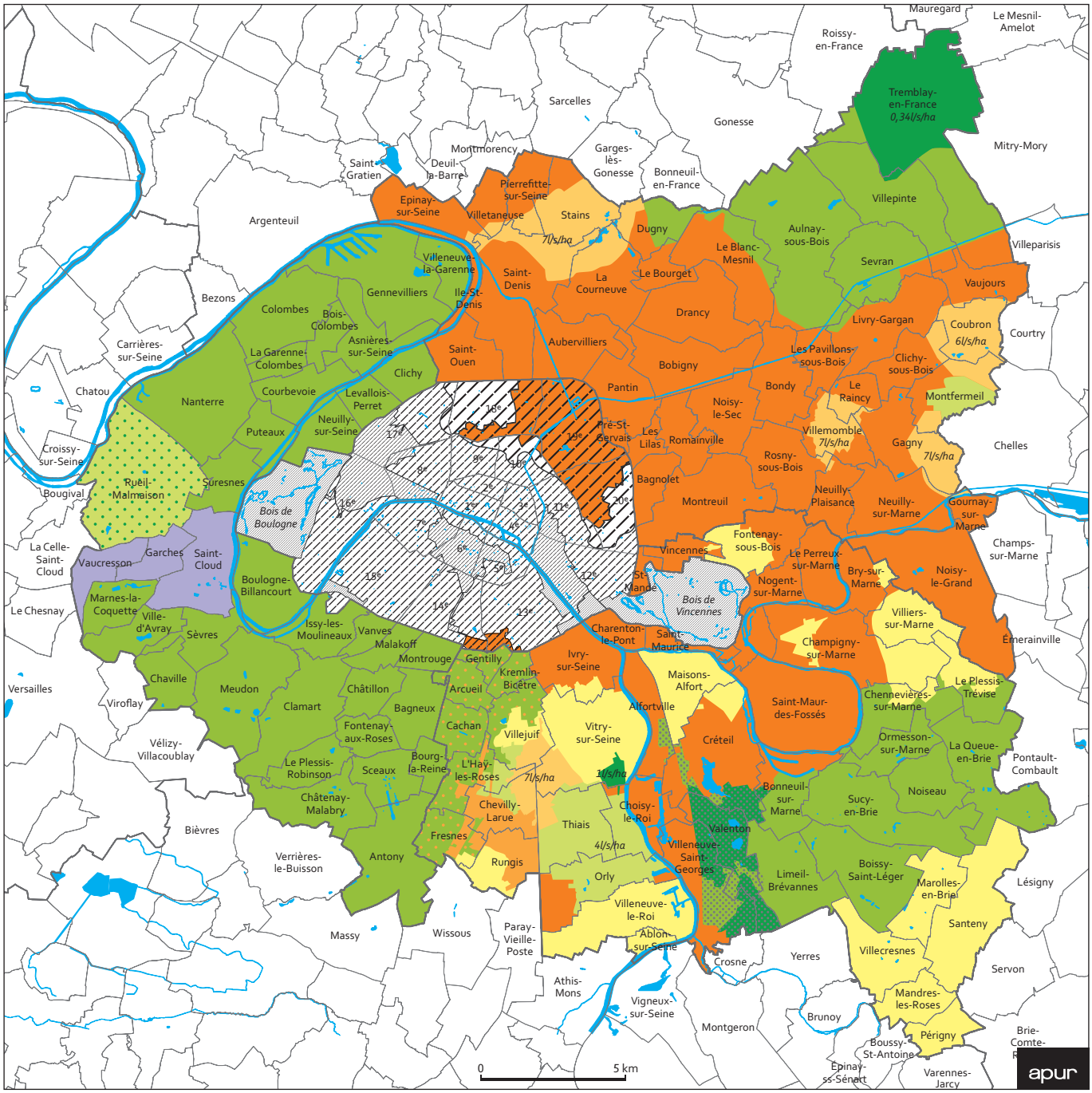
À ce titre, l'évolution réglementaire récente du plan local d'urbanisme (décret n° 2015-1783 du 28 décembre 2015) a renforcé les dispositifs disponibles en permettant par exemple de fixer des coefficients de pleine terre et de biotope, ou d'imposer les installations nécessaires à la gestion des eaux pluviales et du ruissellement.

• D'autre part, pour prôner une gestion durable de l'eau en ville, il est nécessaire de **toucher l'ensemble des acteurs de la construction**, sans se limiter aux acteurs traditionnels de l'eau.

Le plan local d'urbanisme est le document phare régissant le développement urbain et les règles de construction locales. Son **appropriation par le grand public est forte, il est systématiquement consulté et pris en compte** pour tout projet de construction devant faire l'objet d'une autorisation d'urbanisme.
Depuis le 1er janvier 2016, son élaboration est de la compétence des Territoires au sein de la Métropole du Grand Paris, tout comme les compétences eau et assainissement, ce qui devrait faciliter les **synergies entre ces politiques**.

Ainsi, la démarche d'élaboration du zonage pluvial d'Est Ensemble associe autant les acteurs de l'eau que ceux de l'aménagement du territoire, avec un planning de déroulement commun à celui du Plan local d'urbanisme intercommunal d'Est Ensemble.

Construit comme une brique d'un ensemble plus large, plutôt que comme un dispositif à part entière, **le zonage pluvial a vocation à enrichir et à s'intégrer pleinement aux différents documents du PLUi**.



ZONAGE DE DÉLIMITATION DE DÉBIT DES EAUX PLUVIALES

Débits limités (en litre/seconde/ha)

- à ≤ 1
- à 2
- à 3 ou 4
- à 5
- à 6 ou 7
- à 8
- à 10
- Sans limitation

Abattements

- 16 mm
- 12 mm
- 8 mm
- 4 mm

Conditions particulières

- Zones de réduction de l'imperméabilisation
- 0,5 L/s/ha si S < 1 000 m²
- 8 L/s/ha si rejet en réseaux d'assainissement unitaire ou pluvial

Sources : CG92, CG93, CG94, DPE
Apur 2016

2. La déconnexion des eaux pluviales

Quelle quantité de pluie dois-je gérer dans mon projet, sur ma parcelle ?

Comment ne pas envoyer d'eau de pluie au réseau d'assainissement ?

Le principe majeur est de ne rien rejeter au réseau (zéro rejet) pour les pluies courantes : **pour cela il faut d'abord limiter la création de nouvelles surfaces actives (produisant du ruissellement) et « abattre » les eaux de pluie ruisselant sur les surfaces actives restantes (toitures et sols imperméables)**.

Les eaux de ruissellement devront être gérées au plus près de la surface qui les reçoit. En ce sens, il s'agit moins de réfléchir en termes de quantité globale d'eau à gérer sur la parcelle qu'en termes de surfaces produisant du ruissellement.

En premier lieu, se pose la question de la nature des surfaces actives[18] : peuvent-elles limiter leur ruissellement en absorbant et/ou en évaporant tout ou partie de la pluie ? Les toitures peuvent-elles, par exemple, être végétalisées, les circulations au sol réalisées en pavés infiltrants plutôt qu'en enrobé imperméable, etc. ?

Le bilan des ruissellements produits doit malgré tout être établi afin de définir comment les gérer le plus en amont possible. Les eaux de cette toiture peuvent-elles être infiltrées dans une bande plantée au pied du bâtiment ? Les eaux de cette allée imperméable peuvent-elles se répartir dans le jardin attenant ? Les eaux de cette autre toiture peuvent-elles alimenter une cuve pour l'arrosage, etc. ?

Le plus simple est de découper l'espace à aménager en sous bassins versants pour chercher à infiltrer les eaux pluviales dans des ouvrages à ciel ouvert au plus près de l'endroit où elles tombent. Le volume d'eau de pluie à retenir et évaporer/infiltrer pour chaque sous-bassin peut alors être calculé et les surfaces d'infiltration correspondantes précisées en recherchant le meilleur ratio possible (idéalement 1 pour 1) entre la surface infiltrante ou d'évaporation et la surface « active ».

© Métropole de Lyon

Niveaux de service des pluies

La déconnexion totale du réseau signifie que lors de fortes pluies les ouvrages devront être capables de gérer temporairement ce surplus d'eau et qu'il n'y a pas de trop-plein connecté au réseau d'assainissement collectif. Toutefois, dans certains cas, il peut être autorisé de mettre en place des surverses vers la voirie pour les situations exceptionnelles : l'eau ruisselle dans la rue jusqu'à la bouche d'égout la plus proche.

L'enjeu est de parvenir à concilier la gestion des pluies courantes et gestion des pluies fortes : gestion des substrats, utilisation des eaux pluviales lorsque l'infiltration n'est pas possible, infiltration limitée aux petites pluies, infiltration étendue aux plus grosses pluies et/ou couplée avec un autre exutoire…

Que signifie la prise en charge des petites pluies ?

L'impossibilité d'atteindre le zéro rejet dans tous les cas ne signifie pas qu'il ne faille rien faire : l'important est de soustraire une partie des eaux de pluie qui vont au réseau. Ainsi, même si les ouvrages (toitures végétalisées, cuves, fossés, espaces plantés décaissés…) ne sont pas dimensionnés pour recevoir des pluies exceptionnelles sans déborder, ils peuvent contribuer de manière importante à une amélioration de la situation. En effet, les pluies d'orages ne sont pas les seules à créer des désordres dans les réseaux : **80 % des déversements d'eau non traitée dans les rivières sont dus aux pluies courantes ou « petites pluies »**.

La majeure partie du volume de pluie annuel est générée par ces pluies « ordinaires ». Gérer à la source 80 % de la pluviométrie annuelle revient à traiter les pluies courantes (jusqu'à 8 mm) et participe activement à une meilleure gestion des pluies en ville. Sur le territoire de la métropole, cela revient à abattre en 24 heures une lame d'eau de 8 mm (par infiltration, évaporation ou utilisation de ces eaux) [19].

De ce point de vue, tous les aménagements urbains (privés ou publics, végétalisés ou minéraux) peuvent contribuer à la gestion des eaux pluviales, à leur échelle, et sans que soit remis en cause leur usage premier (jardin pour l'agrément, trottoir pour la circulation piétonne…).

Dans le cas où la déconnexion du réseau est impossible quelles sont les conditions de rejet ?

Dans certains cas, il n'est pas possible de se déconnecter du réseau d'assainissement : par exemple les sols ne peuvent accepter l'infiltration que jusqu'à un certain point et les usages possibles pour l'utilisation des eaux de pluies sont insuffisants pour abattre le volume d'eau précipitée sur le terrain.

Lorsque cela est possible, il est utile de privilégier la gestion à ciel ouvert afin de favoriser l'évaporation.

Ce type d'ouvrage permet également de retenir au maximum l'eau (rugosité des matériaux, stockage…) avant de la rejeter au réseau avec un débit limité. Envoyer l'eau dans le réseau sur un temps plus long limite les risques de saturation du réseau et donc les inondations par débordements et les déversements locaux d'eau polluée dans le milieu naturel.

Lorsque l'infiltration n'est pas possible, il est important de définir dans un premier temps ce qui peut être fait pour gérer les petites pluies. Au-delà, les conditions de « rejet à débit limité » sont généralement prescrites en fonction de la zone où la parcelle est située. Ces limitations de débit peuvent être réglementaires (PLU, PLUI) ou incitatives (plans de zonages pluviaux départementaux).

18 – Voir lexique.
19 – Agence de l'Eau Seine-Normandie, *Méthode simplifiée pour le calcul des volumes à stocker et infiltrer à la parcelle pour les pluies courante*, 2014.

Comment retenir et faire s'évaporer les eaux de pluie ? Quelle contribution à la gestion locale de l'eau ces solutions apportent-elles ?

L'infiltration dans les sols n'est pas la seule solution pour envoyer moins d'eau de pluie dans les réseaux : **l'évaporation de ces eaux est également une option à ne pas négliger**. Toutes les surfaces participent, dans une plus ou moins large mesure, à l'évaporation des eaux de pluie, pour peu qu'elles permettent de les retenir pendant un temps. Certains ouvrages peuvent avoir spécifiquement ce rôle : les ouvrages étanches ne transmettent pas l'eau vers le sous-sol, mais peuvent la retenir, comme dans le cas de toitures stockant l'eau en surface, ou d'un substrat plus ou moins épais (jardin sur dalle ou d'une toiture végétalisée).

L'évaporation se fait principalement par des échanges entre les surfaces humides (dalle, terre) et l'air. **La présence de végétation est un facteur important pour rendre ce processus d'évaporation plus efficace** : les plantes interceptent l'eau de pluie et lui permettent de s'évaporer, elles captent également l'eau et la restituent dans l'atmosphère (évapotranspiration).

De nombreuses surfaces, au sol ou en toiture, sont donc susceptibles de participer à l'abattement des eaux de pluie sans pour autant être liées aux couches du sous-sol. Si ces ouvrages sont convenablement dimensionnés, ils permettront d'évaporer la plupart des pluies qu'ils reçoivent.

Le tableau ci-dessous permet, par exemple, d'évaluer les hauteurs d'eau

Type de toiture végétalisée	Epaisseur minimale de substrat	Hauteur de lame d'eau absorbée (équivalent en terme de pluie de projet d'une durée de 4h)
Extensive	5 cm	4 mm (2 semaines)
Extensive	10 cm	8 mm (2 mois)
Extensive	15 cm	12 mm (3 mois)
Intensive	20 cm	15 mm (5 mois)
Intensive	30 cm	22 mm (1 an)
Jardin suspendu	50 cm	32 mm (3 ans)
Jardin suspendu	80 cm	38 mm (5 ans)
Pleine terre	+	48 mm (10 ans)

source : Service Technique de l'Eau et de l'Assainissment de la Ville de Paris

© Apur

Stockage de l'eau en surface avant l'évaporation, rue des Boulets, Paris 11e

des toitures végétalisées en fonction de l'épaisseur de leur substrat. **Avec seulement 10 cm d'épaisseur il est déjà possible d'absorber une lame d'eau de 8 mm, ce qui représente 80 % de la pluviométrie annuelle en volume**.

Ces ouvrages de rétention et d'évaporation sont nécessairement équipés d'un trop-plein. Celui-ci peut être redirigé vers des emprises capables d'infiltrer les eaux pluviales. Cependant **si les ouvrages sont bien dimensionnés les eaux excédentaires seront rares**. Et dans les cas exceptionnels où ils envoient leurs eaux de pluie en excédent vers des ouvrages d'infiltration, le volume d'eau a été largement réduit par le processus de rétention et d'évaporation[20].

L'abattement des eaux de pluie par l'évaporation est aussi valable dans les cas où le sol est lui-même déjà imperméable : des sols argileux, par exemple, retiendront naturellement l'eau. En profitant de cette caractéristique et en jouant sur les niveaux et les décaissements, il est possible de créer des zones de retenues d'eau qui lui permettront de s'évaporer peu à peu plutôt que de ruisseler jusqu'au réseau d'assainissement tout en se chargeant en pollution.
Une même démarche peut être envisagée dans le cas de surfaces artificielles existantes : une toiture terrasse ou certaines parties des sols recouverts d'un parement imperméable peuvent être envisagés comme des ouvrages pour l'évaporation. Remonter les seuils d'étanchéité peut contribuer à retenir les eaux en toitures terrasses. Ces surfaces pourront alors contenir l'eau dans une certaine quantité (qui doit être anticipée et pensée en lien avec les capacités portantes et les usages de ces espaces) et permettre son évaporation.

Penser simultanément à l'évaporation et à l'infiltration des eaux de pluie dans le projet, c'est permettre de s'adapter à de nombreuses situations : sur une parcelle contrainte par ses sols on peut recourir à l'évaporation afin de n'infiltrer qu'un volume restreint d'eau de pluie.

Toiture-terrasse de l'école Jean Macé, quartier des Mureaux

© Agence Quatrevingtdouze, Hunter Consultants

20 – Le Cerema a développé l'outil FAVEUR pour calculer en ligne les performances hydriques des toitures végétalisées et d'optimiser l'épaisseur des substrats végétaux.
Voir : **http://faveur.cerema.fr/public/home** et la notice en ligne : **https://www.cerema.fr/system/files/documents/2017/12/161212-notice_faveur_outil.pdf**, consultés en septembre 2018.

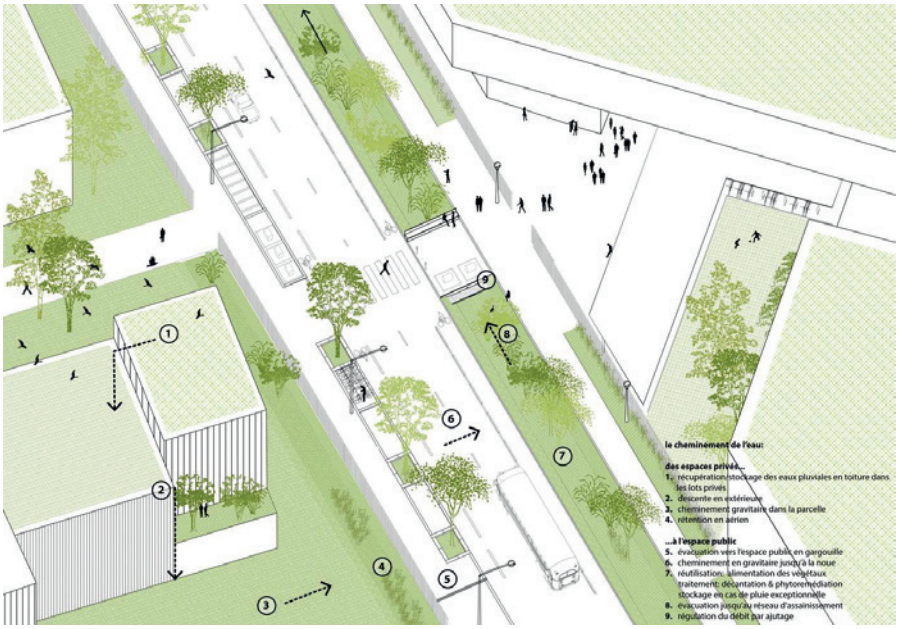
ZAC Montjoie, Saint-Denis

Gestion à ciel ouvert des eaux pluviales dans une zone de gypse et de sols pollués

Porté par : l'Etablissement Public Territorial Plaine Commune – Agence Brès & Mariolle, Urban-Eco
Localisation : Saint-Denis, secteur de la Plaine

La ZAC Montjoie se situe dans la ville de Saint-Denis, au nord de Paris. Au cœur d'un quartier en mutation. Sa situation est particulièrement stratégique d'un point de vue urbain : c'est un ancien tissu industriel imperméabilisé à 95 %, amené à devenir un quartier urbain à part entière, accueillant logements, équipements et emplois, aux portes de Paris. Pour les espaces publics du quartier, la volonté est de créer des espaces agréables à vivre et faciles à entretenir, tout en apportant une réelle qualité environnementale au quartier.

Malgré les contraintes techniques du secteur (présence de gypse, sols pollués, faibles pentes…), **l'ensemble des eaux pluviales des 7 ha de la ZAC, issues des parcelles privées comme des voiries publiques, sont collectées à ciel ouvert**. Les noues créées permettent par ailleurs un abattement des pluies courantes.



Plan du cheminement de l'eau sur la ZAC

© Plaine Commune

Les principes retenus pour la gestion des eaux pluviales sur le projet sont les suivants :

1. Limiter l'imperméabilisation des sols,
2. Répartir les eaux sur l'ensemble du site,
3. Impliquer et responsabiliser les promoteurs et constructeurs (régulation à la parcelle à 10 l/s/ha des lots privés),
4. Créer un réseau de collecte et de stockage à ciel ouvert sur l'espace public,
5. Assurer un fonctionnement gravitaire du réseau.

Ainsi, de larges noues paysagères ont été créées sur l'ensemble des voies. Ces noues permettent la collecte de l'ensemble des eaux pluviales de la ZAC, le stockage et l'infiltration partielle des eaux de ruissellement de la voirie et l'acheminement de ces eaux vers deux exutoires au nord et à l'ouest de la zone. Aucun réseau d'eaux pluviales enterré n'est donc créé sur la ZAC. Les branchements des bâtiments se font également au niveau de la voirie, par **un système de gargouilles sous trottoirs**.

La présence de gypse en sous-sol empêche d'infiltrer de manière concentrée les eaux pluviales. Pour autant, le système retenu permet de gérer à la fois les pluies courantes et les pluies exceptionnelles sur site avant rejet d'une partie des volumes au réseau d'assainissement.

Sur la première tranche opérationnelle, les espaces publics occupent une surface de 13 200 m². La surface active de ces espaces pour une pluie courante est de 9 176 m². Une pluie courante (8 mm) engendre donc sur ces espaces un volume de ruissellement de 73 m³.

Les noues paysagères sont conçues afin de permettre à ce volume d'eau d'être retenu sur place (infiltration superficielle, évaporation et évapotranspiration), malgré la présence de gypse en sous-sol. Ainsi, la superficie des noues étant de 2 813 m², la lame d'eau à retenir est de 26 mm. Bien qu'étanches, les noues disposent d'une hauteur de terre végétale de 1,5 m, avec un coefficient de vide de 30 %. **La terre et les plantations permettent donc d'abattre l'équivalent de 45 cm d'eau, soit 17 fois la hauteur d'eau à stocker lors des pluies courantes**.

Pour les pluies exceptionnelles, les noues peuvent se mettre en charge à hauteur de 40 cm et offrent ainsi une capacité de stockage dimensionnée pour une pluie décennale.

POUR ALLER PLUS LOIN

Article Hydroplus, juin 2016, dans le cadre des trophés Novatech

Comment rendre la ville perméable ? Qu'est-ce que la concentration des eaux pluviales et la capacité d'infiltration des sols ?

Gérer localement les eaux pluviales contribue à réduire les risques d'inondations en zone urbaine et les rejets des eaux polluées dans les rivières.

Comment se comporte le sol quand il pleut, que devient l'eau de pluie ?

Une partie de l'eau de pluie est retenue en surface ou dans les couches superficielles du sol pendant quelques heures ou quelques jours, puis est évaporée ou évapotranspirée. Une autre partie s'infiltre dans le sol jusqu'à rejoindre une nappe phréatique, puis s'écoule jusqu'à passer à nouveau en surface (source, cours d'eau), quelques semaines à quelques années plus tard.

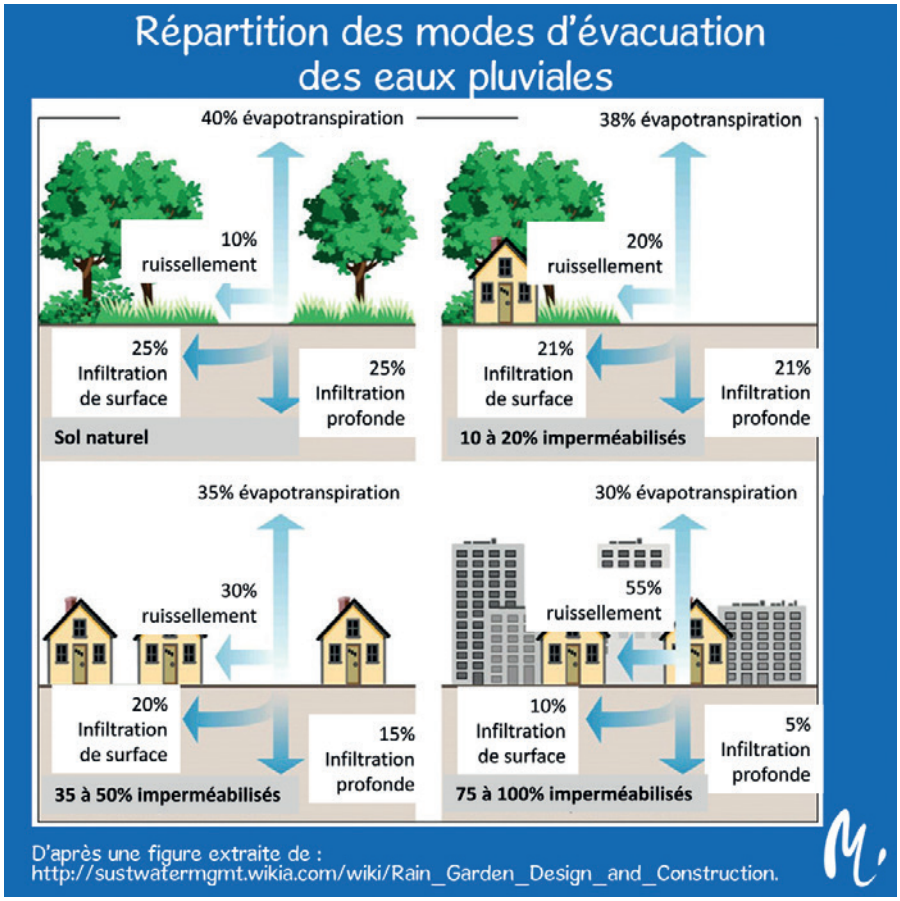
La façon dont l'eau de pluie va pouvoir descendre plus ou moins facilement vers le sous-sol est liée à la nature du sol dans son épaisseur, c'est **sa capacité d'infiltration**.

Enfin, une partie de l'eau ruisselle en surface et va rejoindre les eaux de surfaces (rivières, lacs) ou le réseau d'assainissement.

Ce fonctionnement est lié à la nature du sol en surface : c'est son **coefficient de ruissellement** (rapport entre la pluie qui tombe et la pluie qui ruisselle). La « surface active » d'un aménagement est la surface qui « produit » du ruissellement, on la calcule en multipliant la surface sur laquelle tombe la pluie par le coefficient de ruissellement de cette surface.

Plus un sol a une grande capacité d'infiltration, plus il absorbe rapidement une grande quantité d'eau en profondeur.

La capacité d'infiltration des sols est une donnée à laquelle le projet doit s'adapter. En revanche, le coefficient de ruissellement est un facteur sur lequel il est possible d'agir : il faut s'efforcer de réduire au maximum les surfaces produisant beaucoup de ruissellements (les surfaces actives) et de ralentir les écoulements, quand cela n'est pas possible, organiser sur place la gestion des eaux de pluies qu'elles ont reçues et fait ruisseler.



© GRAIE – MELI-MELO

Répartition de l'eau infiltrée, évaporée, ruisselée

Qu'est-ce que la concentration des eaux pluviales ?

Le meilleur moyen de prendre en charge les eaux de pluie sans les envoyer au réseau est de les gérer là où elles tombent. Cela signifie que l'infiltration doit être la plus diffuse possible et que chaque surface doit pouvoir infiltrer la pluie

qu'elle reçoit. Dans ce cas, la zone infiltrante ne reçoit que la pluie de sa propre surface, la concentration est de 1 pour 1. Même en s'efforçant de rendre le maximum de surfaces perméables, il reste souvent des surfaces qui produisent du ruissellement (toitures, cheminements, terrasses, voiries…). Une des solutions est de rediriger les eaux de pluies vers des surfaces perméables à proximité et de les infiltrer. Les zones perméables vont alors recevoir à la fois les eaux précipitées sur leur propre surface et les eaux redirigées depuis des surfaces imperméables. Cette concentration des eaux n'est pas en soi un problème : de nombreux sols sont capables d'infiltrer sans saturer un volume d'eau correspondant à deux fois ce que reçoit leur surface (concentration de deux) ou plus.

L'ASTEE considère que pour des concentrations de 1 à 4, il s'agit toujours d'infiltration « diffuse » et qu'il n'y a pas de risques de déstabilisation ou de pollution des sols[21]. La concentration des eaux de pluie peut poser problème dans le cas de sols ayant une faible capacité d'infiltration (argileux par exemple) : ces sols infiltrent sans problème les petites pluies qu'ils reçoivent, mais y concentrer de l'eau peut les saturer. Il faut soit éviter d'y concentrer les eaux de pluie, soit concevoir les ouvrages pour qu'ils stockent l'eau le temps qu'elle s'infiltre progressivement.

Certains sous-sols peuvent présenter des risques en raison de leur composition géologique (gypse ludien). Dans ces situations, par mesure de précaution, on préconise souvent de ne pas concentrer les eaux de pluie. Cependant, l'usage de la végétation dans les ouvrages permettant d'infiltrer conduit à nuancer cette approche : la végétation permet d'évapo-transpirer une grande partie des eaux, et minimise le risque pour les sous-sols. Il peut ainsi être envisagé une approche par strates (herbacée, arbustive, arborée) qui considère que dans des situations contraintes les eaux de pluie peuvent être concentrées à hauteur de 2 pour 1 lorsqu'une première strate végétale est présente, de 3 si deux strates sont présentes et de 4 si trois strates végétales ont été plantées dans les zones qui infiltrent.

Qu'est-ce que la capacité d'infiltration d'un sol ? Comment influe-t-elle sur le projet ? Comment l'estimer ?

Penser une ville perméable nécessite de prendre en compte ce qui constitue les sols dans leur épaisseur, pour connaître leur capacité à absorber plus ou moins rapidement une plus ou moins grande quantité d'eau. Cette capacité d'infiltration d'un sol est un paramètre clé de la faisabilité des projets.

Le rapport sur l'infiltration du programme Ecopluies considère qu'au stade de l'étude de faisabilité on peut s'en tenir à l'exploitation des archives (cartes, sondages et études antérieures) afin d'apprécier la capacité d'infiltration du sol en fonction de sa nature[22].

Cette évaluation devra être affinée par la suite en vérifiant que les surfaces d'infiltration prévues sont compatibles avec le temps de séjour souhaité pour les eaux de pluie et surtout que la capacité d'infiltration des sols est bien celle qui a été estimée lors de la faisabilité. Des mesures doivent être faites sur site, en différents points et à la profondeur des futurs ouvrages. Ces tests permettent également de reconnaître la composition du sous-sol pour s'assurer qu'il n'existe pas de nappe affleurante ou encore de couches imperméables naturelles ou artificielles[23].

La capacité d'infiltration (K) est généralement exprimée en mètre/seconde ce qui correspond à la hauteur d'eau en mètre infiltrée par le sol en une seconde. Pour être maniée plus facilement elle peut être traduite en mm/h ce qui permet de mieux visualiser la hauteur d'eau de pluie pour une surface d'un mètre carré (la lame d'eau), que le sol pourra infiltrer en une heure.

Ainsi on considère le sol peu perméable en dessous de 10^{-7} m/s soit 4 mm/h, ce qui correspond à des sols argileux, de limon grossier ou de sable très fin. Les mêmes natures de sols (argile, limon, sable fin) peuvent aussi se situer dans une fourchette entre 10^{-7} m/s soit 4 mm/h et 10^{-5} m/s soit 10 mm/h, ils sont moyennement perméables. Entre 10^{-5} m/s soit 10 mm/h et 10^{-2} m/s soit 30 mm/h, on

© GRAIE – MELI-MELO

21 – ASTEE, *Conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales et de collecte des eaux usées*, Mémento technique, 2017.

22 – S. Barraud, L. De Becdelièvre (coord.), *L'infiltration en questions. Recommandations pour la faisabilité la conception et la gestion des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain*, Programme ECOPLUIES, ANR – PRECODD, 2009 (pdf en ligne : http://www.graie.org/ecopluies/delivrables/55729e_guidemodifie_20090203fin6-2.pdf).

23 – Voir également Cerema, « Etudes de sols pour les ouvrages d'infiltration ou de rétention d'eaux pluviales », Fiche instructeur n°6, décembre 2014 : http://www.assainissement.developpement-durable.gouv.fr/documents/Fiche_SPE_EP_etudes_sols_essentiel_decembre_2014.pdf, consulté en septembre 2018.

24 – Mairie de Paris - DPE/STEA, *Guide d'accompagnement pour la mise en œuvre du zonage pluvial*, 2018.

25 – GRAIE, *Méli Mélo : Faut-il infiltrer les eaux pluviales en ville ?*, 2015.

26 – Bruxelles Environnement IBGE, *Fiche informative outil gestion eau de pluie OGE12. In recommandation pratique eau 01 – Gérer les eaux pluviales sur la parcelle*, 2010.

considère le sol comme ayant une bonne perméabilité, il s'agit généralement de sols de sable grossier ou de sable mélangé de gravier. Au-delà de 10^{-2} m/s soit 30 mm/h on considère le sol comme très perméable, il peut s'agir de gravier sans sable ou éléments fins[24]. Mais des sols moins perméables peuvent aussi concentrer les eaux de pluie, en gérant, par un jeu de nivellement par exemple, le stockage de ces eaux de pluie le temps qu'elles s'infiltrent (bassin sec, fossé etc.).

Plus généralement, les aménagements peuvent s'adapter aux diverses capacités des sols à infiltrer l'eau : pour des sols peu perméables, il est possible de prévoir en surface un substrat capable de stocker l'eau le temps qu'elle s'infiltre progressivement dans le sol et qu'une partie du volume d'eau puisse être évaporé. À l'inverse, pour des sols très perméables qui risquent de faire passer l'eau trop vite dans le sous-sol en créant par exemple des chemins préférentiels et donc à terme des désordres, particulièrement pour les sols remaniés (ravines, tassements différentiels), il est envisageable de prévoir sous la couche de surface (substrat pour des plantes, pavés à joints poreux) une couche intermédiaire (sable par exemple) pour réguler l'infiltration.

Que retenir sur les capacités d'infiltration des sols urbains ?

La ville s'est souvent construite sur des sols en remblais accumulés au fur et à mesure de ses transformations. Ces sols sont souvent hétérogènes et leur capacité d'infiltration peut varier dans des rapports importants (de 1 à 10 d'après le GRAIE[25] pour une même parcelle et à quelques mètres de distance). Cela n'est pas nécessairement un obstacle : pour drainer un ouvrage d'infiltration (un jardin de pluie, un fossé…) il suffit en général d'avoir une bonne perméabilité sur seulement une partie de la surface de l'ouvrage.

Les pluies habituelles sont souvent inférieures ou très inférieures aux capacités d'infiltration des sols. Même un sol très peu perméable (capacité d'infiltration de 10^{-7} m/s par exemple) reste capable d'infiltrer une pluie de 3 à 4 mm par heure sans que de l'eau soit retenue en surface (pour une concentration de 1). Les pluies de plus de 4 mm ne représentent en France métropolitaine que quelques dizaines d'heures par an.

Même dans les cas exceptionnels où les sols ne pourraient plus infiltrer une très forte pluie, les volumes problématiques restent faibles dans la mesure où les eaux pluviales sont gérées au plus près de leur point de chute : avec un aménagement bien conçu le risque le plus grave auquel s'exposent les riverains lors de pluies exceptionnelles est la présence de quelques centimètres d'eau sur la chaussée ou leur pelouse pendant quelques heures. Des pluies aussi fortes sont très rares (quelques occurrences par siècle). Il s'agit toutefois de s'assurer que ces eaux ne s'écouleront pas vers des espaces sensibles (caves, locaux techniques…).

Quels types de surfaces pour réduire le ruissellement et faire une ville perméable ?

Si la perméabilité des couches inférieures du sol (sa capacité d'infiltration) est une donnée préexistante qui influence les choix d'aménagement, la perméabilité de la couche de surface est un levier sur lequel il est possible d'agir. Pour gérer au mieux les eaux de pluie il faut limiter au maximum le ruissellement. Toutes les surfaces produisent du ruissellement en plus ou moins grande quantité, on le mesure avec un coefficient de ruissellement qui prend en compte, selon la nature des pluies, à la fois la capacité de cette surface à faire transiter l'eau dans les couches inférieures mais aussi à la stocker et l'évaporer. Il faut privilégier les surfaces ayant un faible coefficient[26].

© INSA Lyon – OTHU

Expérimentations de dispositifs de gestion locale des eaux pluviales : parkings infiltrants sur le campus de LyonTech La Doua

Nature du revêtement	Cr pour les pluies courantes	Cr pour les pluies fortes
ESPACES VERTS EN PLEINE TERRE	0	0,2*
ESPACES VERTS SUR DALLE (ép. supérieure ou égale à 50 cm)	0	0,4*
ESPACES VERTS UTILISÉS POUR LA RÉTENTION DES EAUX PLUVIALES (noues, zones inondables…)	0	1
BASSINS EN EAU PERMANENTS	1	1
SOLS IMPERMÉABLES (enrobés, bétons…)	0,9*	0,9*
SOLS SEMI-PERMÉABLES (pavés joints sable, stabilisés, enrobés drainants…)	0,5*	0,7*
TOITURES-TERRASSES VÉGÉTALISÉES (substrat supérieur à 10 cm)	0	0,7
TOITURES-TERRASSES GRAVILLONNÉES	0,6	0,7
TOITURES EN PENTES (tuiles, zinc, ardoises…)	0,9	1

* Ces coefficients d'imperméabilisation seront majorés de 0,1 point lors de terrains en pente.

© Est Ensemble

Tableau permettant de calculer la surface active en fonction des coefficients de ruissellement.

Y-a-t-il des risques liés au sous-sol ? Comment peut-on gérer les eaux de pluies par infiltration dans des zones contraintes ?

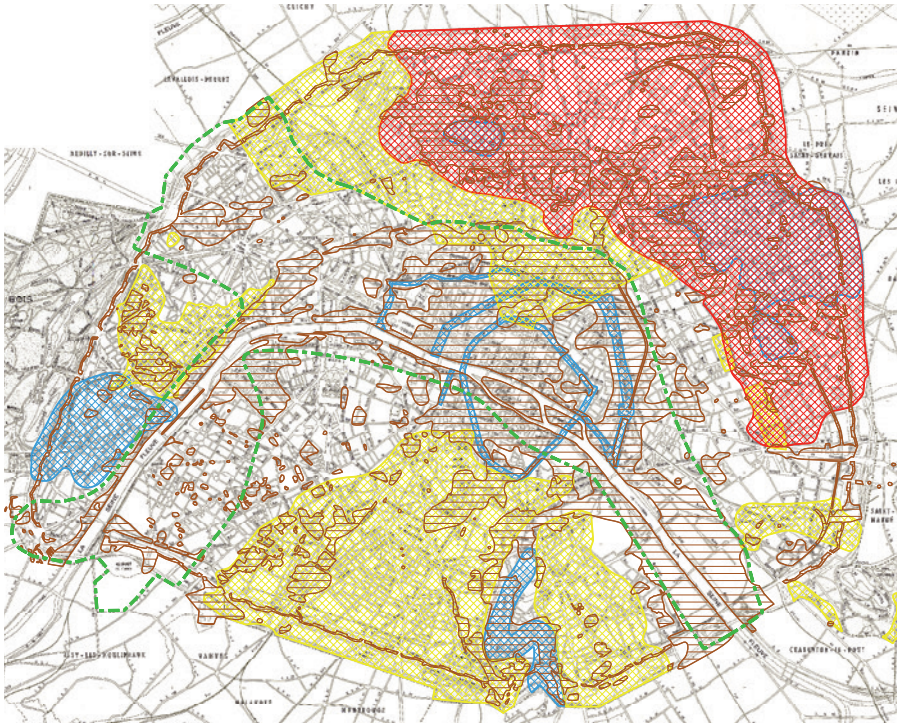
Si la nécessaire prise en compte des risques liés au sous-sol est incontournable, la manière de le faire peut varier d'une ville à l'autre. Sur le territoire métropolitain parisien, jusqu'à présent, l'expression des contraintes de sous-sol prend la forme d'interdictions (délimitation de secteurs où l'infiltration est interdite), à Lyon c'est l'impossibilité d'infiltrer qui doit être démontrée (études locales sur la capacité d'infiltration des sols par exemple). La démarche de projet et la mobilisation des acteurs s'en trouvent de fait très différente. C'est dans cette voie que s'orientent les départements de première couronne.

Pour faciliter la gestion des eaux de pluies par infiltration dans les projets, les départements d'Ile-de-France ont chacun produit des cartes permettant d'identifier les possibilités ou impossibilités d'infiltrer sur leur territoire. Ces cartes d'infiltrabilité reposent sur les caractéristiques géologiques du territoire (présence d'argile, de gypse), sur la topographie (les fortes pentes, pour la carte d'infiltrabilité des Hauts-de-Seine) et sur la présence d'éléments à risques (vulnérabilité des nappes souterraines, présence de sites et sols pollués).

Les cartes d'infiltrabilité permettent d'avoir une première idée du type de sous-sol mais ne doivent pas être un frein à l'étude de solutions pour une gestion des pluies à la parcelle : **le plus souvent seul des études fines sur le terrain permettent d'apporter des réponses tangibles quant à la possibilité d'infiltrer ou non**.

Mouvements des sols

Si les principales craintes résident dans les mouvements hydrogéologiques (af-



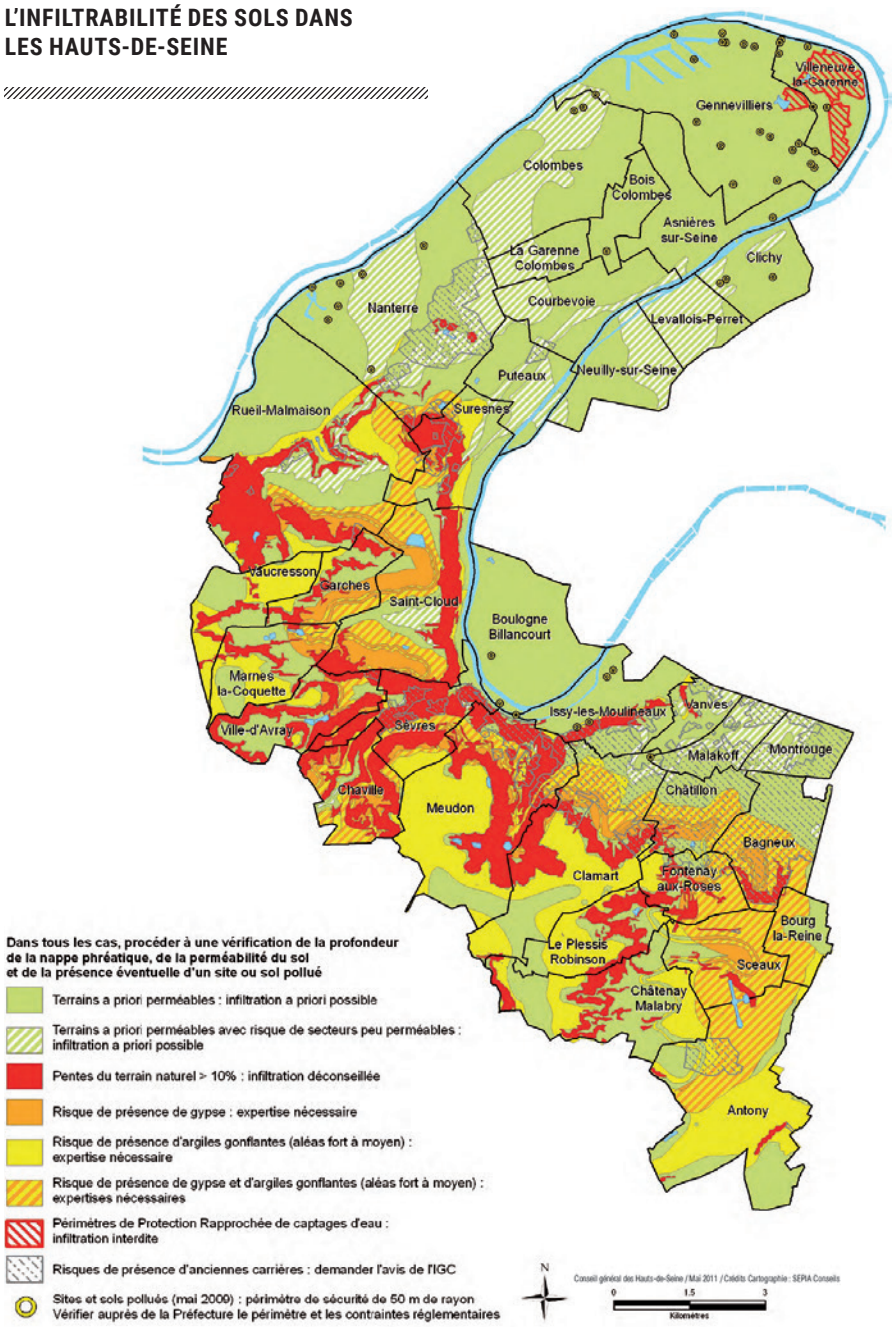
© Inspection Générale des Carrières - mars 2013

ZONES POSSIBLES D'INFILTRATION DES EAUX PLUVIALES À PARIS

- Zone de Remblais de mauvaise qualité
- Zone 1 - zone très sensible
- Zone 2 - zone sensible
- Zone 3 - zone argileuse
- Zone 4 - zone de dépression de nappe

INSPECTION GÉNÉRALE DES CARRIÈRES - 3, avenue du Colonel Henri Rol-Tanguy - 75014 Paris
Tél : 01-40-47-58-00 - Fax : 01-43-27-07-86 Mars 2013

L'INFILTRABILITÉ DES SOLS DANS LES HAUTS-DE-SEINE



Sources : Cartographie de l'infiltrabilité dans les sols du département des Hauts-de-Seine, CG92/DE - mai 2011

faissement, fontis, inondation du sous-sol), les phénomènes constatés sont souvent dus à des fuites de réseaux (eau potable et non potable, assainissement) plus qu'à une infiltration faiblement concentrée des eaux pluviales. **Les volumes d'eau en jeu pour l'infiltration intermittente d'eau de pluie sont très inférieurs à ceux liés à une fuite continue de réseau**. À titre d'exemple, on peut estimer le volume d'infiltration à 0,018 $m^3/m^2/j$ contre 1 000 $m^3/m^2/j$ pour une fuite de réseau, soit un volume 60 000 fois plus important[27].

Gypse et argiles

Il s'agit de couches géologiques qui imposent des mesures de précaution au regard de la présence d'eau.

Le risque lié à la présence de gypse en sous-sol tient à sa potentielle dilution par les eaux infiltrée. Plusieurs facteurs peuvent conduire le gypse à se dissoudre :

- Modification du niveau des nappes ;
- Inversion du sens d'écoulement des nappes ;
- Augmentation de la température de l'eau ;
- Rupture de la saturation de la nappe en sels minéraux.

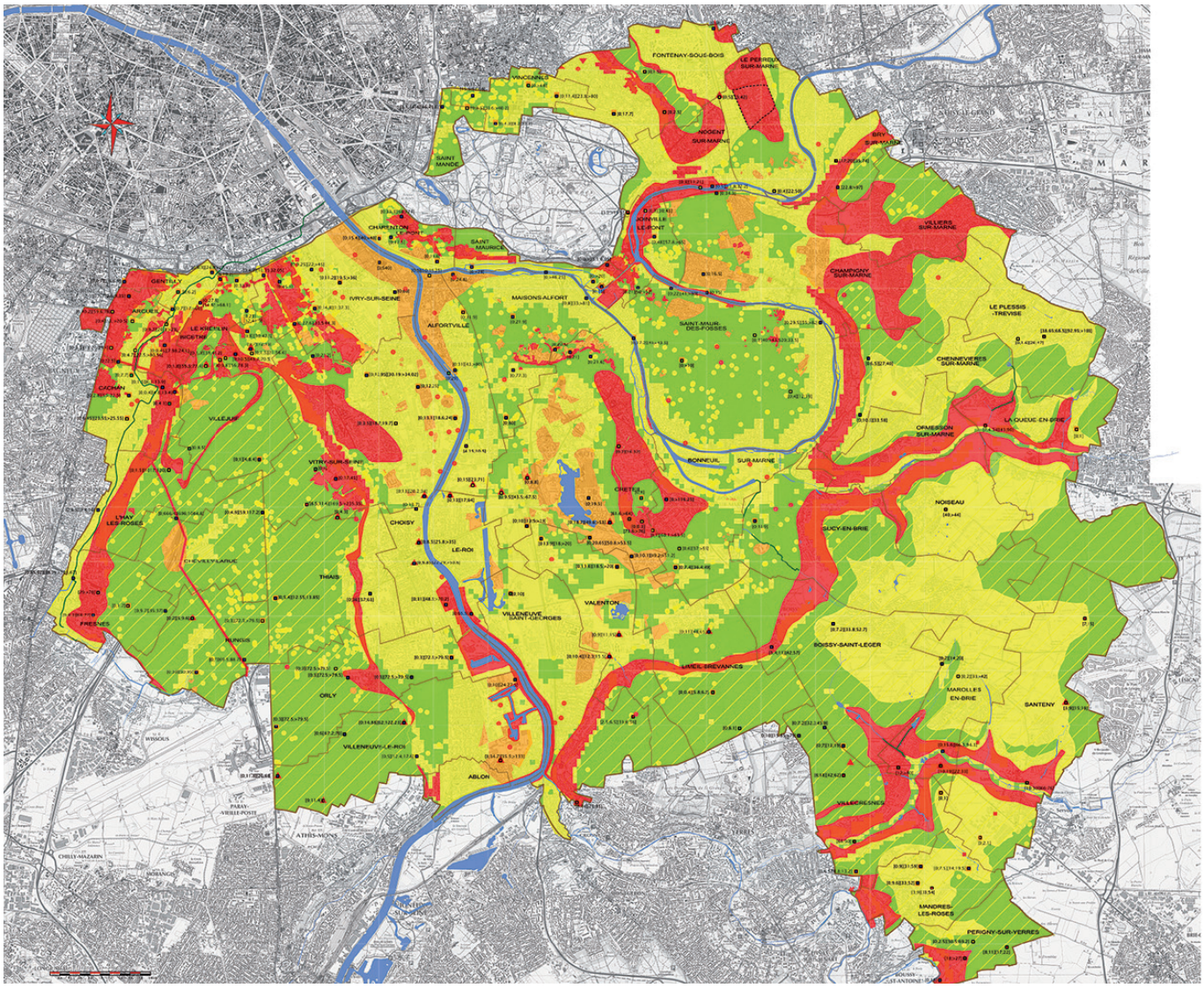
Il peut alors s'ensuivre la formation d'une cavité qui peut se traduire par un affaissement lent ou même à un effondrement brutal.

Les facteurs à prendre en considération pour mesurer le risque lié au gypse sont l'épaisseur et de la profondeur de celui-ci, la présence ou non de nappe, sa teneur en certains composants, le volume d'eaux pluviales infiltrées, etc. Une épaisseur importante de gypse sain ne génère pas nécessairement de risque dans certains contextes (par exemple : couche profonde ou surmontée d'une épaisseur presque imperméable) [28].

Le risque lié aux sols argileux tient au gonflement des argiles avec l'apport d'eau d'infiltration. Cependant à l'inverse empêcher l'infiltration sur des sols argileux peut provoquer des phénomènes de rétractation. La présence

27 – Agnès Tajouri, *Solutions techniques et architecturales pour l'application du règlement de zonage pluvial d'assainissement de la Ville de Paris*, travail de fin d'étude, Mairie de Paris, 2014.
28 – Voir la carte postale « Infiltration des eaux pluviales en zone de gypse : quelle augmentation du risque d'effondrement » ?

ZONAGE PLUVIAL DÉPARTEMENTAL DU VAL-DE-MARNE : POSSIBILITÉS D'INFILTRATION DES SOLS



Sources : Conseil Général du Val-de-Marne, Direction des Services de l'Environnement et de l'Assainissement

DIRECTION
DES SERVICES
DE L'ENVIRONNEMENT
ET DE L'ASSAINISSEMENT

ZONAGE PLUVIAL DEPARTEMENTAL

BILAN DE L'INFILTRABILITE EN SOUS-SOL

Échelle : 1/25 000
Édition : janvier 2014

SERVICE ÉTUDES GENERALES ASSAINISSEMENT ET MILIEUX AQUATIQUES

Parc d'activité des Petits Carreaux
2, avenue des Violettes
94385 Bonneuil-sur-Marne Cedex

Tél. 01 49 56 88 63
Fax 01 49 56 88 30
Courriel etudereseau.dsea@cg94.fr

l'eau notre bien commun
PLAN BLEU VAL-DE-MARNE

VAL de MARNE Conseil général

Limite départementale
Limite communale
Réseau hydrographique de surface
Réseau hydrographique canalisé

Bilan de l'infiltrabilité

- Infiltration à priori ni souhaitable, ni recommandée
- Infiltration à priori ni souhaitable, ni recommandée (risque de tassement remblai)
- Secteur à incertitude où une étude complémentaire est nécessaire
- Secteur à incertitude où une étude complémentaire est nécessaire (présence potentielle de nappe perchée de profondeur indéterminée)
- Infiltration à priori envisageable

Perméabilité

- Infiltration à priori envisageable en surface et à profondeur moyenne et importante
- Infiltration à priori envisageable en surface et à profondeur moyenne. Incertitude pour l'infiltration à profondeur importante
- Infiltration à priori envisageable en surface et à profondeur importante. Incertitude pour l'infiltration à profondeur moyenne
- Infiltration à priori envisageable en surface. Incertitude pour l'infiltration à profondeur moyenne et importante
- Infiltration à priori envisageable à profondeur moyenne et importante. Incertitude pour l'infiltration en surface
- Infiltration à priori envisageable à profondeur moyenne. Incertitude pour l'infiltration en surface et à profondeur importante
- Infiltration à priori envisageable à profondeur importante. Incertitude pour l'infiltration en surface et à profondeur moyenne

[profondeur du sommet et de la base des couches perméables]

Zone de gypse possible

d'eau dans les sols argileux peut donc dans certains cas être recherchée et préférée à un risque d'assèchement susceptible d'exposer à des désordres importants (déstabilisation d'ouvrages).
En cas de présence de gypse ou d'argile il n'est pas pour autant impossible d'infiltrer les eaux de pluie. Selon la situation du sous-sol et à condition de prendre certaines précautions l'infiltration reste envisageable.

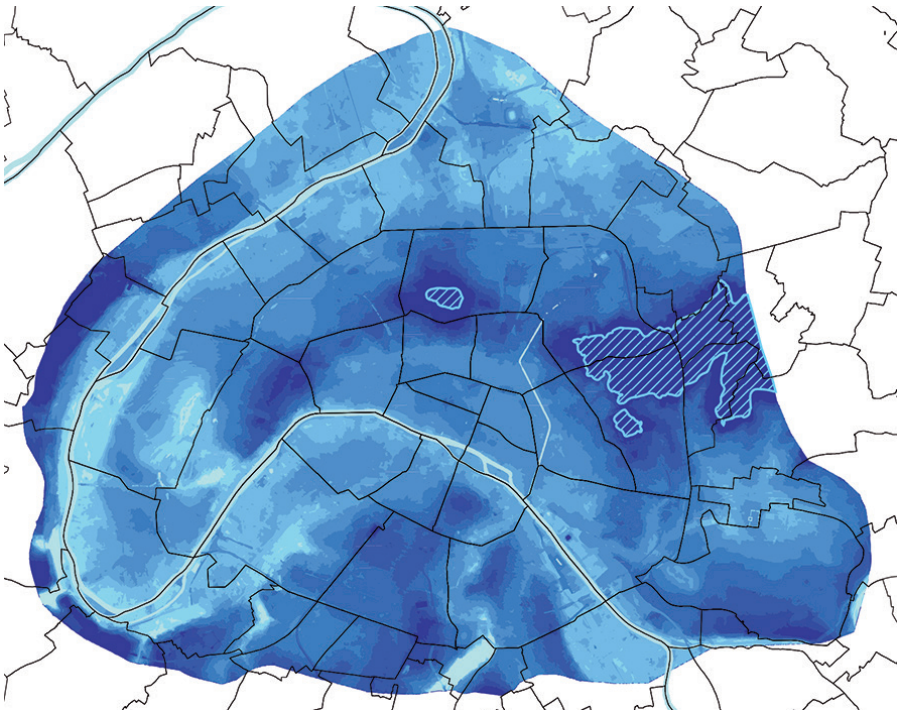
Nappe à proximité

La présence d'eaux souterraines peut être un frein à l'infiltration lorsqu'elles sont proches de la surface (à moins d'1,5 m). Un sol avec une nappe trop haute se sature rapidement en eau. La présence d'une nappe à proximité de la surface risque également de réduire les possibilités de faire des ouvrages profonds capables de stocker de l'eau de pluie. On considère généralement que l'eau de pluie peut être infiltrée sans problème si la nappe est à plus de 1 m du fond de l'ouvrage[29]. Cette profondeur dépend de la vitesse d'infiltration, elle peut être réduite si la perméabilité est faible.
Si le sol a une capacité d'infiltration élevée (au-dessus de 10^{-2} m/s par exemple) et que la nappe est proche, des précautions s'imposent pour éviter des transferts de pollution rapides et peu maîtrisés vers la nappe, comme l'installation d'une couche tampon qui pourra dépolluer l'eau et ralentir sa vitesse d'infiltration.
Le niveau des plus hautes eaux de la nappe est défini par une étude hydrogéologique qui fait appel aux données historiques (BSS « Banque du Sous-sol », archives des services concernés, des exploitants...) et doit éventuellement être complétée par une enquête de terrain.
L'infiltration d'eau de pluie laisse souvent craindre une remontée de la nappe. Pourtant les mouvements de nappe qu'elle pourrait éventuellement provoquer sont sans commune mesure avec ceux liés aux pompages ou aux variations saisonnières. En près d'un siècle, les hauteurs de nappes ont considérablement évolué. Les volumes en mouvement liés aux pompages anciens ont été considérables. Ceux liés aux pompages permanents le sont encore. À titre d'exemple, les pompages industriels sur le territoire de Seine-Saint-Denis s'élevaient en 1971 à 40 millions de m^3 contre moins de 10 millions en 1980 et 3,8 millions en 2005. Cette baisse s'est accompagnée d'une remontée du niveau de nappe de plusieurs dizaines de mètres. Ces situations n'ont pas empêché d'engager des transformations importantes du territoire métropolitain. Les échelles en jeu avec l'infiltration des pluies sont difficilement comparables. Elles concernent la gestion de volumes bien moins importants et majoritairement gérés par des infiltrations diffuses ou à des niveaux de concentration faible pour des bassins versants de surfaces limitées. Ces volumes sont moins susceptibles de modifier les niveaux piézométriques et surtout les sens et vitesses d'écoulement des eaux souterraines, donc par exemple d'influer sur la dissolution du gypse.

PROFONDEUR DE LA NAPPE PHRÉATIQUE ET LOCALISATION DES NAPPES PERCHÉES EN 2012

- eau à l'air libre
- 2.5 à 5 m
- 5 à 7.5 m
- 7.5 à 10m
- 10 à 15 m
- 15 à 20 m
- 20 à 25 m
- 25 à 30 m
- 30 à 35 m
- plus de 35 m
- Nappe perchée

Source : Aurélie LAMÉ, *Modélisation hydrogéologique des aquifères de Paris et impacts des aménagements du sous-sol sur les écoulements souterrains*, Thèse, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris, 2013



© Lamé, Fernadez, Apur

29 – CERTU, *La ville et son assainissement : principes, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau*, 2003.

Comment infiltrer en zone contrainte ?

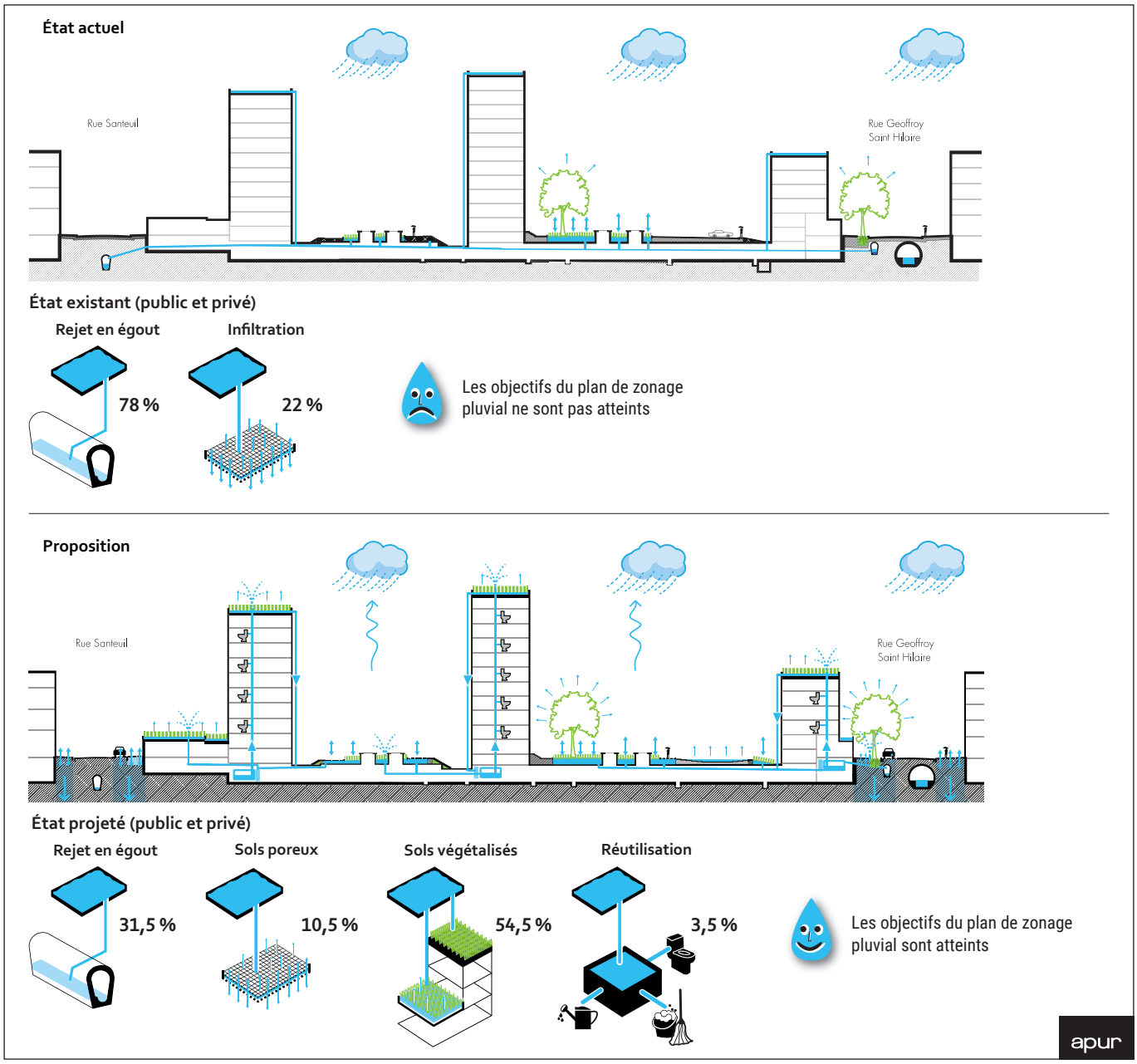
Dans le cas où des risques liés au sous-sol sont avérés il est généralement possible d'infiltrer les eaux de pluie à condition de ne pas les concentrer : il faut dans ce cas privilégier les solutions qui permettent à toutes les surfaces du projet (sols, toitures), même celles dédiées à la circulation des véhicules et des piétons, de retenir puis d'infiltrer l'eau sur place. Certains revêtements perméables (pavés à joints perméables, enrobés poreux…) permettent à la fois la circulation des personnes et l'infiltration des eaux pluviales.

Un renforcement de la végétation permet également d'augmenter les capacités d'abattement des eaux de pluie tout en protégeant des sous-sols à risques : en augmentant le pourcentage des eaux qui seront évaporées et évapo-transpirées et en piégeant l'eau dans les couches supérieures, le végétal évite une trop rapide et trop grande percolation des eaux de pluie vers les couches inférieures du sol. Dans le cas du gypse ludien il peut être envisagé une approche par strates végétales[30].

Enfin dans le cas où l'infiltration serait radicalement impossible, dans certaines zones de carrières par exemple, des solutions autres que l'infiltration permettent de gérer les eaux de pluie sur place : une grande partie peut être retenue et progressivement évaporée par des ouvrages qui ne sont pas liés au sous-sol (toitures terrasses végétalisées, jardins sur dalles (étanches, noues étanches, jardinières…) et **une partie peut aussi être stockée et utilisée** (nettoyage, toilettes, arrosage…).

30 – Voir fiche précédente.

SYNTHÈSE GRAPHIQUE ET QUANTITATIVE DES PROPOSITIONS



Infiltration des eaux pluviales en zone de gypse : quelle augmentation du risque d'effondrement ?

Groupe de travail pour concilier enjeux de l'assainissement et prévention des risques géotechniques

Porté par : la Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie (DRIEE, Etat)
Localisation : l'ensemble des zones d'Ile-de-France concernées par des émergences de gypses dans le sous-sol

Dans le cadre de la démarche de prévention et de protection des personnes et des biens face au risque de mouvements de terrain, en particulier induits par des phénomènes de dissolution de gypse présents dans les formations géologiques, les services de l'État élaborent des Plans de Prévention des Risques. À l'issue du travail de cartographie, des prescriptions réglementaires sont établies et visent notamment à limiter et encadrer l'urbanisation sur les zones concernées par des risques d'effondrements et limiter l'aggravation du risque pouvant être lié à l'infiltration d'eaux pluviales (éviter les infiltrations concentrées et privilégier les raccordements aux réseaux).

Face à l'antagonisme entre ces différentes politiques : l'une, en faveur de la prévention des risques géotechniques liés aux sous-sols, tentant de ne pas ajouter de facteurs pouvant aggraver ces risques tels que la présence d'eaux dans le sous-sol et, l'autre, en faveur de la promotion d'une gestion intégrée des eaux pluviales le plus « à la source » possible et promouvant très largement l'infiltration des eaux pluviales ; les services de la DRIEE ont lancé un groupe de travail support d'une étude scientifique avec le CEREMA et l'INERIS afin d'améliorer la connaissance de l'impact de l'infiltration des eaux pluviales en environnement gypseux.

En effet, en fonction du type, de l'épaisseur et de la profondeur du gypse, ou de la cavité résultant de sa dissolution, de la hauteur et de la qualité de la nappe (notamment de sa teneur en carbonates), du type, de la vitesse, et de la quantité des eaux pluviales vouées à être infiltrées, l'augmentation du risque liée à la pratique de l'infiltration peut être bien différente. Le CEREMA et l'INERIS doivent réaliser une batterie de simulations pour déterminer l'impact des eaux pluviales sur les différentes compositions de sol possibles.

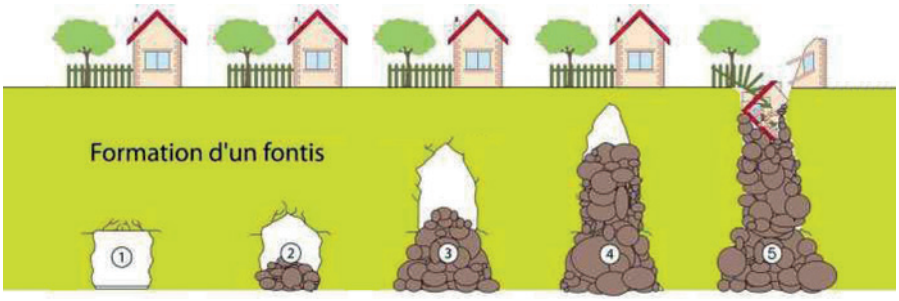
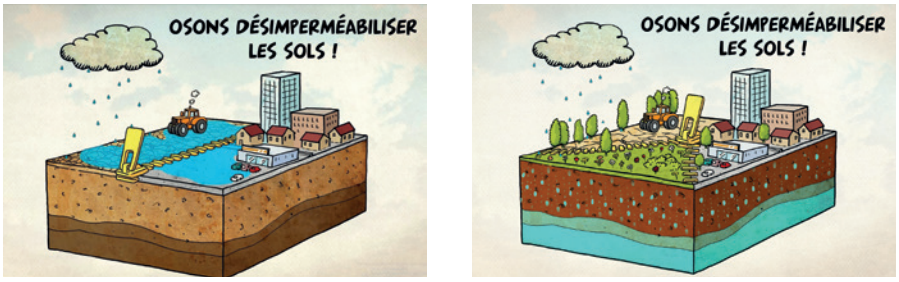


Schéma d'évolution d'un fontis
© Rapport Ineris référencé DRS-16-156834-00810B, « Guide de surveillance des cavités souterraines d'origine anthropique », 2016



« Osons désimperméabiliser les sols ! » © Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse / Big Bang communication

Dans quelles conditions, l'infiltration des eaux pluviales induit-elle ou non une augmentation du risque d'effondrement en zone de gypse ? À partir de quelle quantité d'eau le risque est-il augmenté ? Toutes les pratiques d'infiltration sont-elles susceptibles d'aggraver les risques ? Et en somme, une des priorités étant la gestion à la source des petites pluies, ces dernières peuvent-elles être infiltrées ? Autant de questions auxquelles ce groupe de travail tente de répondre. ■

AILLEURS DANS LA MÉTROPOLE

En Île-de-France, le département de Seine-Saint-Denis est l'un des plus concernés par la présence de gypse mais il est nécessaire que celle-ci soit avérée par les études de sols pour qu'elle puisse éventuellement justifier la non-infiltration sur place des eaux pluviales.
À noter que même sans infiltration, il est possible de gérer la majorité des pluies annuelles en ne gérant que les petites pluies à l'échelle du projet à l'aide de toitures végétalisées ou de bandes enherbées.

POUR ALLER PLUS LOIN

Sur le phénomène d'effondrement et d'éboulement :
http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/cavites-souterraines-r188.htmlhttps://www.paris.fr/services-et-infos-pratiques/urbanisme-et-architecture/sous-sol/tout-savoir-sur-les-sous-sols-2317
http://www.leparisien.fr/espace-premium/seine-et-marne-77/le-gypse-ce-risque-invisible-09-09-2014-4119401.php
Sur la gestion à la source des eaux pluviales :
http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/pluvial.php
http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/pub/soil_fr.pdf
http://www.graie.org/portail/thematiques/eau-dans-la-ville/eaux-pluviales/

Comment infiltrer près d'une structure de voirie, au pied d'un bâtiment ? Quelles sont les précautions à prendre ?

Quelles précautions pour l'infiltration à proximité du bâti ?

L'infiltration d'eau de pluie à proximité des bâtiments fait généralement craindre des dégâts : des nuisances liées à l'eau ou des désordres dans le sol qui risquent de fragiliser les fondations (humidité, infiltration, remontés capillaires). La remontée de la nappe phréatique et sa pression sur le bâti font aussi l'objet de craintes.

Ces risques, bien que réels, doivent être relativisés :

- Les risques de nuisances existent lorsqu'une couche perméable retient les eaux infiltrées à peu de profondeur ou que la nappe est très proche de la surface ce qu'une étude de sol permet de définir.
- Les risques liés à des désordres dans le sol concernent des sols fortement perméables déjà instables.

Dans la plupart des cas, l'infiltration de l'eau, même le long des bâtiments, n'aggrave pas la situation[31].

Par ailleurs, même si ces conditions de risque sont remplies, le GRAIE considère qu'il reste possible d'infiltrer les eaux de pluie en respectant certaines précautions comme **ne pas installer de dispositif d'infiltration à moins de trois mètres de la paroi du bâtiment le plus proche**. L'ASTEE ajoute qu'il est préférable d'éviter l'infiltration non diffuse, c'est-à-dire d'un facteur de concentration supérieur à 5, à proximité immédiate des bâtiments[32].

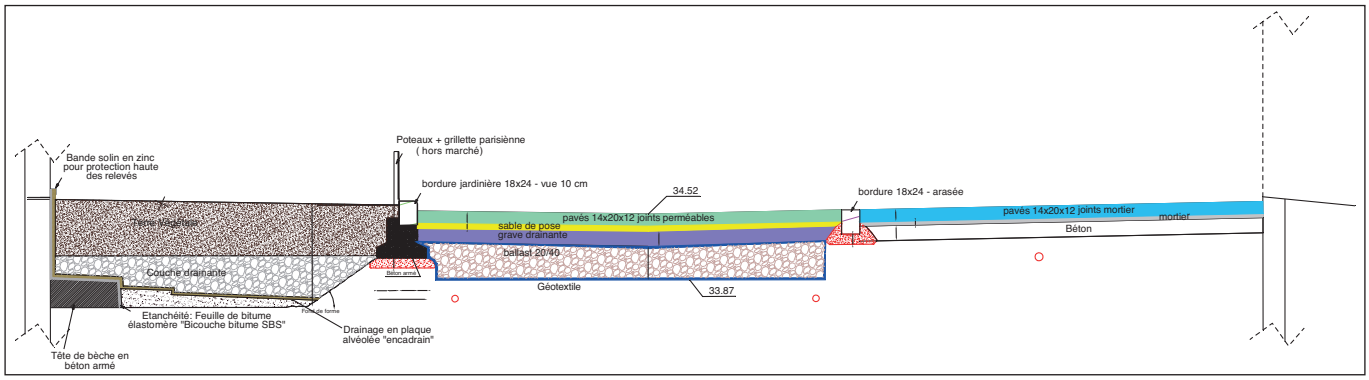
Contrairement à ce que l'on pourrait penser, en ville, dans les zones qui ont été peu à peu imperméabilisées, le retour de sols perméables et donc d'échanges entre l'air et les sols (évaporation) est une bonne chose pour le bâti. Le cheminement de l'eau dans une ville étanche cause de nombreux désordres et la recherche systématique d'une bonne étanchéité des sols et des murs a conduit à des dégradations. **L'eau par essence a besoin de circuler et quels que soient les obstacles elle finit toujours par cheminer**. Les sols imperméables ont toujours des défauts qui s'amplifient avec le temps. Ces défauts constituent des chemins préférentiels qui impliquent que l'eau qui s'infiltre, au lieu d'être bien gérée et répartie dans le sol, s'accumule en certains points précis où elle risque de créer des dégradations. **Permettre à l'eau de s'infiltrer, c'est aussi lui permettre de s'évacuer rapidement ou de s'évaporer**.

Qui plus est, le risque d'excès d'eau dans le sol est généralement plus faible que le risque de manque d'eau. En effet ce sont les tassements dus au dessèchement des sols qui sont en cause dans presque tous les cas de dégâts aux immeubles.

31 – GRAIE, *Méli Mélo : Faut-il infiltrer les eaux pluviales en ville ?*, 2015.
32 – ASTEE, *Conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales et de collecte des eaux usées*, Mémento technique, 2017.

Plantations sur trottoir, en pied de mur, Bordeaux

© Apur



© Mairie de Paris – DVD

Coupe, Villa Marcès, Paris 11e

© Mairie de Paris – DVD

© Mairie de Paris – DVD

© Mairie de Paris – DVD

Pose de la chaussée en pavés sciés avec joints perméables, Villa Marcès, Paris 11e

Quelles précautions pour l'infiltration près d'une structure de voirie ?

Les ouvrages de circulation (routes, rues, pistes cyclables, parkings…) représentent une grande part de la surface imperméable des zones urbaines. Les faire contribuer à la gestion locale des eaux pluviales est donc un enjeu majeur. La crainte la plus courante est celle d'une déstabilisation du sous-sol due à l'infiltration d'eau. En pratique, ces ouvrages sont systématiquement pensés dans leur épaisseur pour recevoir les eaux de pluie (« chaussée à structure réservoir », par exemple). Les couches de base sont traitées pour accepter les eaux qui seront redirigées dans le sol, par exemple en réalisant une structure à base de granulats concassés ou de graves qui permettent de conserver du vide destiné à l'eau tout en étant très solide une fois tassée.

© Apur – Maud Charasson

Plantations en pied de mur sur du patrimoine contemporain, ZAC des Docks, Saint-Ouen

© Apur

Plantations en pied de mur, Amsterdam

La présence de réseaux enterrés pose-t-elle problème ?

Si les réseaux enterrés (transports, électricité, communication etc.) peuvent rajouter des contraintes à la réalisation d'ouvrages pour l'infiltration, en particulier concernant leur localisation, ils ne représentent pas en soi un facteur rédhibitoire. Les réseaux des différents concessionnaires (électricité, gaz, téléphonie, chauffage ou froid urbain…) sont protégés de la présence toujours possible d'eau dans le sol.

Est-ce intéressant de stocker et utiliser les eaux de pluie ?

Outre l'infiltration et l'évaporation, une solution pour ne plus rejeter les eaux de pluie au réseau peut-être de s'en servir et donc dans le même temps d'économiser de l'eau potable.

L'eau peut être stockée dans des réservoirs individuels ou collectifs implantés en surface ou en sous-sol. Ces réserves peuvent aussi prendre la forme de bassins à l'air libre si les emprises le permettent. Les usages les plus courant sont liés au nettoyage (allées, rues…) et à l'arrosage des espaces plantés.

De la même manière qu'avec les ouvrages permettant l'évaporation, **l'utilisation des eaux de pluies que l'on a récupérées et stockées contribue à abattre certains volumes de pluie sans les envoyer dans le sous-sol**, ce qui peut être intéressant en présence de contraintes liées à l'infiltration (sols fortement anthropisés, sous-sols artificialisés, présence de gypse ou d'argiles).

Dans le cas de cuves fermées cette solution fonctionne avec un trop-plein : les cuves de récupération d'eau de pluie doivent pouvoir déborder lorsqu'elles sont remplies. Le trop-plein peut être raccordé au système d'assainissement de manière indirecte et non enterrée (avec clapet anti-retour) ou vers un dispositif d'infiltration. **Dans le cas d'un trop-plein connecté au réseau d'assainissement, la cuve doit être dimensionnée de manière à couvrir les usages prévus tout en permettant d'abattre le maximum d'eaux de pluie (*a minima* les pluies courantes)** [33].

Quels usages pour les eaux pluviales ?

Selon les projets et les types de tissus urbains concernés le stockage-utilisation de l'eau de pluie pourra satisfaire différents usages.

En France, en matière de réutilisation, c'est l'arrêté du 21 août 2008 relatif à la récupération des eaux de pluie et à leur usage à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments qui fait autorité. Il permet l'utilisation des eaux pluviales qui sont collectées à l'aval des toitures inaccessibles, c'est-à-dire non accessibles au public en dehors des opérations de maintenance. Ces eaux peuvent servir : à l'intérieur du bâtiment pour les chasses d'eau des WC, pour le lavage des sols, pour le lavage du linge (à titre expérimental) et à l'extérieur du bâtiment pour le nettoyage des véhicules et des surfaces, comme pour l'arrosage (mais celui-ci doit être effectué en dehors des horaires d'accueil du public). Il est également possible d'utiliser des eaux de pluie collectées sur d'autres surfaces [34].

Sont en revanche interdits : les usages domestiques intérieurs si les eaux récupérées proviennent de toitures en amiante-ciment ou en plomb, les usages récréatifs ainsi que les usages liés à des établissements recevant un public potentiellement sensible (crèches, écoles maternelles et élémentaires, établissements sociaux et médicaux sociaux pour personnes âgées…) et fragile sur le plan sanitaire (cabinets médicaux et dentaires, laboratoires…).

Par ailleurs, l'arrêté[35] détaille les conditions d'installation (art. 3) et de maintenance des équipements de récupération de l'eau de pluie (art. 4). Il renvoie aussi à la déclaration d'usage conformément à l'article R2224-19-4 du CGCT qui impose une déclaration en mairie lors de la mise en place de ce type d'installation.

Dans quel cas est-ce le plus intéressant ?

Ces utilisations de l'eau de pluie se font généralement grâce à une cuve qui stocke l'eau en attendant de s'en servir. **Réduire les volumes d'eau pluviale envoyés au réseau nécessite d'avoir des cuves souvent vides pour absorber les pluies**.

33 – Cerema, *L'intérêt de l'utilisation de l'eau de pluie dans la maîtrise du ruissellement urbain. Les enseignements d'un panorama international*, Bron, Cerema Collection : Connaissances, 2018.

34 – Voir partie « Quels usages pour l'eau de pluie ? ».

35 – Autres articles liés : Article 641 du code civil : tout propriétaire a le droit d'user et de disposer des eaux pluviales qui tombent sur son fond ; Article R2224-19-4 du CGCT qui impose une déclaration en mairie lors de la mise en place de ce type d'installation ; Article L2224-12 régit le contrôle des installations.

Le plus efficace est donc de **privilégier l'utilisation de l'eau de pluie dans des cas où les cuves sont régulièrement vidées et peuvent être à la fois remplies par la pluie**. Elles doivent donc être dimensionnées en fonction des besoins en eau et d'une réduction maximale des rejets en égouts et non seulement en fonction de la pluviométrie.
L'utilisation des eaux de pluie est par exemple efficace pour les WC dans le cas de bâtiments équipés de toilettes souvent utilisées : restaurants, bars, salles de spectacles, logements étudiants, bureaux… Ces solutions peuvent nécessiter un apport d'eau d'appoint pour l'approvisionnement en période de sécheresse.

Le stockage puis l'utilisation des eaux de pluie peuvent parfois être une solution pour récupérer les eaux d'une vaste surface minérale et éviter de les faire transiter vers le sous-sol. C'est le cas pour le cimetière intercommunal de Clamart, qui s'est doté à l'été 2008, à l'occasion d'une réhabilitation de son esplanade, d'un bassin enterré de 500 m³ dont une partie est réservée pour la récupération des eaux pluviales (arrosage estival de la grande pelouse du cimetière).
Dans tous les cas il faut limiter le recours à des solutions techniques trop complexes (pompes/surpresseurs, longueur de réseau…) pour limiter les coûts d'investissement et de fonctionnement.

Peut-on se servir de l'eau de pluie stockée en surface ?

L'eau de pluie peut également être directement redirigée vers des points de stockage en surface. Les réserves peuvent prendre la forme de bassins, d'étangs ou de mares. Ces eaux de surfaces deviennent alors des réservoirs pour des utilisations en rapport avec leur dimension.
Selon la qualité de l'eau de pluie (provenant de toitures accessibles ou non, de voies circulées ou non…) une amélioration locale de l'eau peut être envisagée (décantation, phytoremédiation…) et adaptée aux usages prévus. C'est par exemple le cas place de la Colombie, près du bois de Boulogne, ou des aménagements réalisés par Point P sur leurs sites d'Aubervilliers et de Pantin (voir la Carte Postale de Point P).
Réalisé en 2008, le centre technique de Bonneuil-sur-Marne récupère de cette manière les eaux de ruissellement (toitures et parking) dans un bassin de rétention intégré à un jardin paysager (les eaux des parkings transitant par des noues plantées pour filtration). Ces eaux sont remontées dans un silo via

© Apur

Bassin de récupération des eaux de toitures, Point P, Aubervilliers

© Agence Lombard / Koya Architecture - Jonathan Deschamps

Bassin de stockage des eaux de pluie pour leur utilisation du centre technique de Bonneuil-sur-Marne

l'énergie d'une éolienne et servent au nettoyage des véhicules et à l'arrosage communal. Aucun apport en eau potable n'est plus nécessaire pour ces deux usages sur le territoire de la commune. Les eaux du bassin sont oxygénées par jet aérien pour éviter sa stagnation et désinfectées à l'aide de tubes ultraviolets. L'économie en eau a été évaluée à 40 000 euros par an[36].

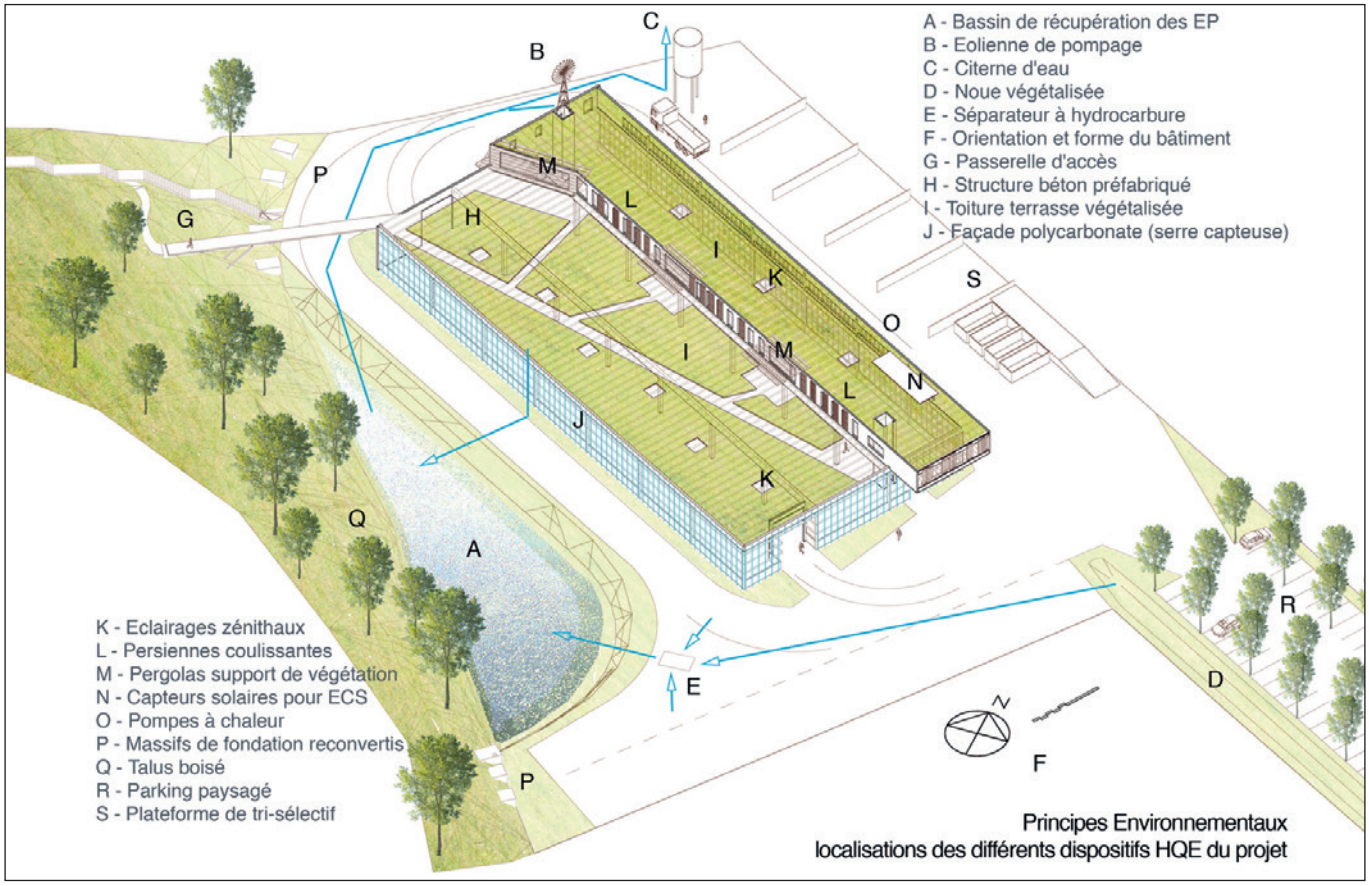
Comment anticiper le volume d'eau que l'on pourra utiliser ?

Lors de l'installation d'ouvrages de stockage, la question se pose du **rapport entre la dimension des surfaces qui récupèrent les eaux de pluie et les usages qu'elles alimentent**. Le département des Hauts-de-Seine a développé un outil permettant de calculer facilement le volume d'eau récupérée de manière à pouvoir anticiper son utilisation.

Cette récupération peut aussi être envisagée à travers **la mutualisation des surfaces de collecte**. Dans le cas d'un tissu urbain dense ne possédant que peu de surfaces favorables à l'infiltration, pouvoir collecter dans une seule cuve les eaux pluviales de plusieurs bâtiments peut répondre à une utilisation soutenue. Cette mutualisation de la collecte peut aussi valoir à l'échelle d'opérations d'aménagement ou d'équipements disposant d'emprises suffisamment importantes pour stocker ces eaux de pluie en fonction des usages prévus (arrosage, nettoyage).

Dans le cas de stockage à ciel ouvert, les conditions d'accessibilité doivent être maîtrisées et la part liée à l'évaporation prise en compte dans le dimensionnement des ouvrages.

36 – Ekopolis (A. Demerlé-Got), *Pratiques de récupération de l'eau de ruissellement*, Synthèse, 2010.



© Agence Lombard / Koya Architecture

Schéma des localisations des dispositifs HQE du projet du centre technique de Bonneuil-sur-Marne

Collèges départementaux

Végétalisation des toitures et mise en place de récupération d'eau de pluie pour l'alimentation des chasses d'eau

Porté par : le Département du Val-de-Marne
Localisation : Collèges du Val-de-Marne

Collège Robert Desnos, Orly

Source : Conseil départemental du Val-de-Marne

Source : Conseil départemental du Val-de-Marne

16 collèges en Val-de-Marne (sur un total de 105 établissements) comportent des toitures végétalisées. Dans les collèges qui en sont équipés, celles-ci représentent à peu près 50 % de la proportion de toiture. Dans le but de répondre à des critères de haute qualité environnementale, la direction des bâtiments du Conseil départemental a implanté dans certains bâtiments qu'elle construisait ou réhabilitait complètement, des toitures végétalisées, et plus récemment la récupération des eaux de pluie.

Ces démarches participent aussi à l'exigence de réduire ou différer les rejets d'eau pluviale au réseau d'assainissement public, conformément aux exigences du zonage pluvial départemental adopté en 2014 (ce zonage n'est pas opposable mais le Département, qui en est l'auteur, l'applique à ses propres réalisations). Les toitures végétalisées sont maintenant complétées par des dispositifs de rétention ou d'infiltration (bassins enterrés, souvent des noues à ciel ouvert, puits d'infiltration…).

Les premières toitures végétalisées ont été implantées en 2000 (collège Offenbach à Saint Mandé). Leur cumul surfacique sur les collèges départementaux atteint aujourd'hui près de 14 000 m².

Pour les 4 collèges équipés d'une récupération d'eau de pluie, celle-ci alimente les chasses d'eau des sanitaires et permet l'arrosage des plantations et le nettoyage des sols extérieurs. Les durées de retour sur investissement sont élevées ; cependant ces dispositifs s'inscrivent dans la volonté du Département de sensibiliser les collégiens à la protection de l'environnement (Coûts d'installation environ 60 000 € TTC).

Coûts d'entretien environ 800 €. Estimation économie d'eau réalisée par an 540 m³ (2 270 €/an). Temps de retour 43 ans (sans compter le renouvellement matériel à 15 ans).

La mise en place de ces techniques implique des changements d'habitude dans l'entretien (nécessité d'arrosage des toitures à certaines périodes chaudes et/ou sèches, remplacement des filtres pour ce qui est de la récupération). Il y a donc un enjeu dans la manière de faire vivre de telles installations une fois qu'elles sont implantées. La direction des bâtiments du Conseil départemental anime un groupe de travail inter-directions afin de mener une réflexion sur ces nouvelles problématiques et d'éviter les non-conformités.

3. Pollutions et dépollution

Les eaux pluviales sont-elles polluées ?

Alors que le rejet des eaux de pluie aux réseaux d'assainissement (unitaire ou séparatif) conduit rarement à s'interroger sur la qualité de cette eau et sur son devenir, la gestion locale suscite en revanche réticences et inquiétudes (pollution des sols, des sous-sols, des nappes…).
En pratique, la qualité de l'eau de pluie qui sera infiltrée, évaporée ou réutilisée est très variable, elle dépend du chemin qu'aura parcouru cette eau.

Comment les eaux de pluie se chargent-elles en polluants ?

L'eau de pluie, avant de toucher le sol ou les toitures, est faiblement polluée : l'atmosphère contient des molécules, fixées ou non sur des poussières ou des particules, qui vont être dissoutes et entraînées par les précipitations. Il s'agit de concentrations extrêmement faibles et dans la plupart des situations, l'eau de pluie est de qualité potable quand elle arrive au niveau du sol[37].
La présence de grands axes de circulations ou d'activités industrielles émettant dans l'atmosphère à proximité du site peut cependant dégrader cette eau.
Lorsque les eaux de pluies atteignent une surface imperméable, elles commencent à ruisseler. En fonction de leur parcours, ces eaux de ruissellement vont se charger en polluants par une triple action d'érosion, de dissolution et de transport des éléments physico-chimiques qu'elles rencontrent. Plus la distance parcourue sera grande et plus ces eaux de ruissellement se chargeront en polluants divers du fait

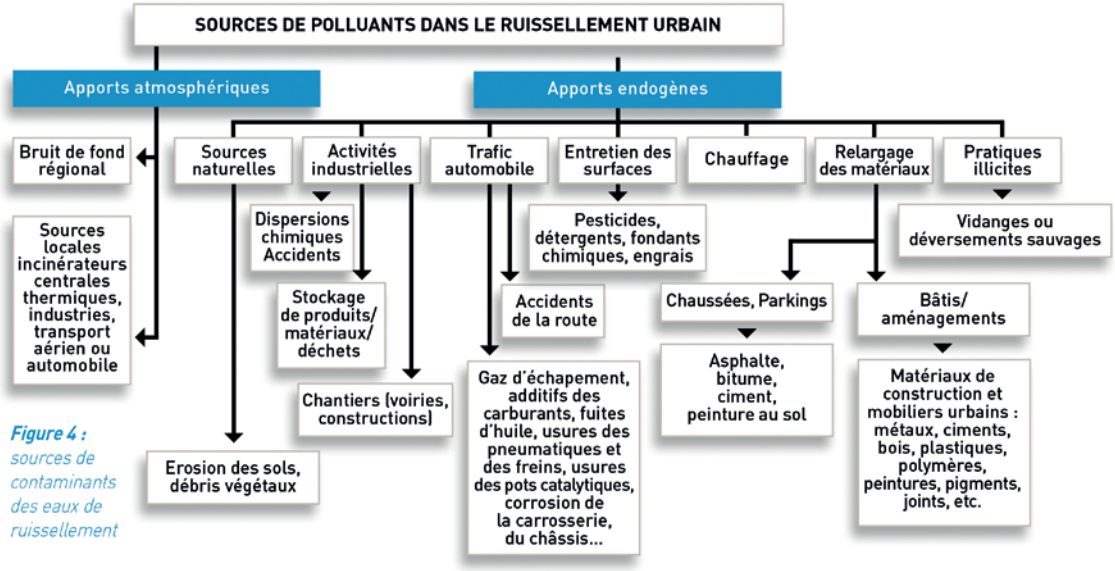


Figure 4 : sources de contaminants des eaux de ruissellement

Source : AESN, Outils de bonne gestion des eaux de ruissellement en zones urbaines… p. 13.

© Agence Quatrevingtdouze

© Agence Quatrevingtdouze

Tranchées récupérant les eaux de voirie, Les Mureaux

du lessivage des sols érodés et pollués pendant les périodes sèches.

Quels sont les polluants susceptibles de se trouver dans les eaux de pluie ?

Les diverses pollutions des eaux de ruissellement[38] sont généralement évaluées d'après plusieurs facteurs : les matières en suspension (« MES », dont les particules solides, visibles à l'œil nu, permettent aux pollutions de se fixer), les micropolluants métalliques (cadmium, chrome, cuivre, nickel etc.), les micropolluants organiques (HAP, phtalates, alkylphénols, etc.), mais aussi les matières organiques et les microorganismes pathogènes (indice bactériologique).

Quelles pollutions selon le cheminement des eaux de pluie ?

Les eaux ruisselant sur des toitures risquent surtout de se charger en métaux (zinc, plomb, cuivre) ou en phtalates si la couverture est en PVC. Les toitures végétalisées dont les membranes d'étanchéité sont traitées avec un agent anti-racinaire peuvent également émettre des biocides. Ces eaux vont également lessiver les particules de pollution atmosphérique et les déjections animales qui se sont déposées sur les couvertures.
Les eaux ruisselant au sol peuvent avoir des types et des taux de pollution très différents selon les surfaces qu'elles lessivent et les chemins qu'elles empruntent : espace public fortement pratiqué, voirie avec un fort ou un faible taux de passage, caniveaux, cheminement imperméable dans un jardin…

Plus le chemin parcouru par les eaux est long et plus elles se chargent en polluants. Plus les pluies sont espacées (période estivale), plus le taux de pollution dans les eaux de ruissellement est élevé. De même, si certaines surfaces soumises à des usages fréquents ne sont pas régulièrement nettoyées les eaux de ruissellement seront d'autant plus chargées en polluants.
Le risque lié à la pollution des eaux pluviales dépend donc beaucoup des usages possibles, du parcours de l'eau et donc de sa concentration en polluants. L'évaluation du potentiel de contamination des eaux passe donc par le recensement des principaux matériaux qui entrent en contact avec la pluie et une enquête sur les pratiques d'entretien des espaces sur lesquels l'eau considérée va ruisseler : pesticides, nettoyage…

Que faire pour limiter la pollution des eaux pluviales ?

Une fois repérées les sources potentielles de pollution pour telle partie de la parcelle ou du projet, il est possible d'envisager de les résorber, par exemple en changeant les matériaux en cause et faisant cesser les pratiques qui produisent la pollution (désherbage chimique, nettoyage chauffage polluant etc.).
Dans le cas d'aménagements nouveaux, de réhabilitation ou de réno-

37 – Grand Lyon Métropole, Aménagement et eaux pluviales : *Traitement de la pollution des eaux pluviales et protection des milieux aquatiques sur le territoire du Grand Lyon*, Guide méthodologique, 2014.
38 – Agence de l'Eau Seine-Normandie, *Outils de bonne gestion des eaux de ruissellement en zones urbaines. Document d'orientation pour une meilleure maîtrise des pollutions dès l'origine du ruissellement*, 2013.

vation, certains matériaux sont à privilégier. L'Agence de l'Eau préconise notamment de :

- Privilégier des matériaux neutres (tuile terre cuite, verre, ardoise, pierre…), limiter les surfaces métalliques (notamment pour le plomb, cuivre, zinc), limiter/contrôler le recours aux matériaux synthétiques (PVC, plastiques divers).
- Se renseigner sur les adjuvants mis en œuvre dans certains matériaux : produits de traitements des bois, retardateurs de flammes, agents biocides pour une protection « anti-salissure », plastifiants, anti UV.
- Vérifier l'origine des matériaux de récupération et leur absence de contamination (cas par exemple des bois anciens qui peuvent avoir été traités à la créosote et être une source de HAP dans le ruissellement).
- Éviter de concentrer les eaux en un point, raccourcir le plus possible les trajets de l'eau en surface et ne pas utiliser de réseaux souterrains
- Plus les eaux de pluie sont infiltrées, évaporées ou stockées à proximité du point où elles tombent moins elles se chargent en pollution. La gestion à ciel ouvert évite que les eaux se chargent en pollution, elle est aussi garante d'un bon entretien : les dysfonctionnements sont immédiatement visibles.
- Évaluer la destination des eaux de ruissellement sur la partie du projet considérée (infiltration, évaporation à partir d'ouvrages étanches, stockage puis utilisation ?) et penser des ouvrages dépolluants si nécessaire (voir la fiche « techniques de dépollution »).

Certaines pollutions sont facilement dégradées ou piégées dans les couches supérieures des sols, d'autres peuvent être décantées si les eaux transitent par un bassin à l'air libre ou une cuve fermée. La maîtrise des polluants dépend alors du mode de recueil des eaux dans l'ouvrage, de la façon dont elle est retenue/stockée puis évacuée (voir la fiche « techniques de dépollution »).

Une bibliographie importante, en partie rappelée en notes de ce chapitre, renseigne sur les risques en fonction des espaces sur lesquels l'eau de pluie a ruisselé et donc permet d'évaluer les dispositifs à mettre en place pour la collecte des eaux de ruissellement.

Les eaux de pluie de base ne sont que peu voire pas polluées. Si elles sont un peu polluées, il est quand même possible de les infiltrer, le sol joue le rôle de filtre et réacteur (si planté). Si elles sont davantage polluées, il est possible d'optimiser le traitement par le sol en ayant, par exemple, une diffusion répartie des eaux pluviales. Enfin, en cas de pollution forte réelle et avérée, des dispositifs de traitement spécifiques existent tels que les filtres à sable (si beaucoup de matières en suspension), les ouvrages de décantation et, dans d'ultimes recours, les déshuileurs-débourbeurs, avec un entretien assuré

Quels risques pour les sols et la nappe lors d'une gestion locale des eaux (capacités à fixer les pollutions, colmatage et décolmatage des sols) ?

Des craintes sur la pollution des sols ou de la nappe accompagnent souvent les projets de gestion locale des eaux de pluie. La peur d'une pollution des sols et des nappes par l'eau ayant ruisselé sur les chaussées ou les toitures est souvent évoquée.

Cette pollution est un risque réel bien qu'extrêmement variable en fonction des situations (voir la fiche « les eaux pluviales sont-elles polluées ?). Mais prendre en charge ces pollutions localement, c'est-à-dire avant que les matières polluantes ne soient concentrées, permet de réfléchir à des solutions sur mesure pour chaque situation, chaque surface de sol qui infiltre, chaque système de récupération des eaux de pluies.

La possibilité d'ajuster le traitement de la pollution est perdue dès lors que les eaux de ruissellement sont évacuées en réseaux d'assainissement vers les stations d'épurations. Celles-ci ne pourront pas toujours traiter complètement certains polluants (par exemple les produits pharmaceutiques ou certains pesticides polaires comme le glyphosate ou le diuron) qui seront concentrés dans les boues ou rejetés dans le milieu naturel avec des impacts sur le fonctionnement des écosystèmes[39].

39 – GRAIE, *Méli Mélo : Faut-il infiltrer les eaux pluviales en ville ?*, 2015.
40 – GRAIE, *Méli Mélo : Le «tout-à-l'égout» est-il une bonne solution pour gérer les eaux pluviales urbaines ?*, 2014.
41 – *Idem*.
42 – Agence de l'Eau Seine-Normandie, *Outils de bonne gestion des eaux de ruissellement en zones urbaines. Document d'orientation pour une meilleure maîtrise des pollutions dès l'origine du ruissellement*, 2013.

Quelles capacités du sol à fixer ou résorber les pollutions des eaux pluviales ?

Dans le cas de solutions d'infiltration (ou de filtration avant drainage puis rejet), **les eaux sont filtrées rapidement lors de leur passage dans le sol et la plupart des polluants sont retenus à proximité de la surface. Ainsi, toutes les études montrent que pour la plus grande partie des indicateurs, il n'existe dans la majorité des cas** (hors sol karstique) **aucun risque de pollution des sols en profondeur**. On retrouve des concentrations proches du fond géochimique normal au plus à un mètre de profondeur et ceci après plusieurs dizaines d'années d'utilisation et pas de pollution des nappes (la plupart des polluants véhiculés par les eaux de ruissellement étant fixés aux particules) [40].

Dans le cas de la pollution par des matières organiques (déjections animales, hydrocarbures), le sol montre une capacité de dépollution importante : il sert de support à une communauté de bactéries, champignons et algues qui oxydent la matière organique et la transforme en matière minérale inerte. Ces composants restent de toute façon en concentration assez faibles dans les eaux pluviales urbaines.

Pour les autres polluants, si ceux-ci sont peu solubles, ils se fixent sur les premiers centimètres du sol, c'est le cas des polluants métalliques (plomb, zinc, cadmium, cuivre…). En revanche, les polluants solubles comme les nitrates vont percoler dans le sol et rejoindre la nappe. Cependant, **les polluants que l'on trouve dans les eaux de ruissellement urbaines sont très souvent particulaires et donc assez bien arrêtés par le sol. Cela ne remet pas question la nécessité d'une bonne gestion des polluants particulaires** (notamment car une partie des polluants particulaires peuvent être dissous). **Le risque de pollution chronique des sols et des nappes par l'infiltration directe des eaux de ruissellement est donc quasiment nul, à la condition d'infiltrer les eaux au plus près de leur point de chute**.

Cependant il faut rappeler que :

- « La capacité du sol à piéger les polluants n'est effective que si le sol n'est pas saturé en eau. Il est donc nécessaire de prévoir une épaisseur de sol suffisante entre la surface et le plus haut niveau de la nappe phréatique. Une épaisseur de 1 mètre est généralement conseillée. »
- « La capacité de piégeage n'est effective que dans un sol homogène, si possible recouvert d'une couche de terre végétale. Les terrains fracturés (par exemple les terrains karstiques) sont donc incapables de retenir les polluants. » [41]

Les polluants persistants (qui ne se dégradent pas, ou se dégradent très lentement, comme les métaux) **sont uniquement stockés dans les premiers centimètres du sol. Il faut veiller à ce que leur concentration dans cette couche de surface ne devienne pas trop élevée**. Le décolmatage des ouvrages est l'occasion de prendre en charge ce dépôt de pollution.

Qu'est-ce que le colmatage des ouvrages d'infiltration ?

La contrepartie de la capacité de dépollution de ces ouvrages tient dans le risque qu'ils se colmatent petit à petit. Ce sont les particules piégées dans les premiers centimètres du sol qui sont le support de la pollution. Le fait qu'elles soient fixées près de la surface évite de les retrouver plus profondément dans le sol ou dans les nappes.

Ce risque de colmatage est dû à l'accumulation de matières présentes dans les eaux de ruissellement (particules) mais aussi à d'autres apports comme les poussières qui s'y déposent ou les détritus qui peuvent y être abandonnés. Lorsque la surface se colmate, l'ouvrage perd peu à peu sa perméabilité.

Généralement la couche de surface se colmate avant d'avoir épuisé sa capacité de rétention des polluants. Ainsi le renouvellement de cette couche est plus souvent justifié par le colmatage hydraulique de l'ouvrage que par la perte de la capacité à intercepter les pollutions[42].

© OTHU

© OTHU

Bassin d'infiltration Django Reinhart à Chassieu dans la Métropole du Grand Lyon

Ce risque de colmatage doit donc être intégré dès la conception. Le GRAIE préconise quelques règles pour limiter ce risque au maximum :

- Végétaliser l'ouvrage, le développement des racines maintient une certaine perméabilité (les espèces possédant un système racinaire peu dense et des racines à gros diamètre sont les plus indiquées) ;
- Prévoir un dispositif permettant de décanter et d'infiltrer l'eau avant l'arrivée dans l'ouvrage (par exemple une bande enherbée) ;
- Prendre des mesures pour éviter le piétinement ou le passage de véhicules sur l'ouvrage (la végétalisation constitue là aussi une bonne solution, surtout si elle est arbustive et dense) ;
- Limiter le rapport surface active/surface d'infiltration à une valeur aussi faible possible (si possible inférieure à 10) ;
- Nettoyer régulièrement l'ouvrage, en particulier dans le cas d'une voirie.

Selon l'AESN et l'ANR, une couche de gravier ou autre matériau granulaire en surface de la zone d'infiltration permet également de prévenir le colmatage. Dans le cas de grands ouvrages d'infiltration et d'après les observations de l'ANR, le colmatage est progressif et généralement long (quelques dizaines d'années) [43].

Le bassin d'infiltration Django Reinhart à Chassieu dans la Métropole du Grand Lyon a par exemple été décolmaté en 2004 puis son évolution a été suivie : en 8 ans (en 2012) celui-ci n'était toujours pas complètement colmaté et sa résistance hydraulique globale comme celle du fond était encore inférieure à 24 h. Au cours de ces 8 années, le bassin a vu sa résistance hydraulique subir un accroissement régulier puis une stagnation imputée au développement d'une végétation spontanée importante couvrant une bonne partie du bassin[44].

Pour les ouvrages de petite taille, le colmatage dépend beaucoup du mode de conception. Pour une tranchée remplie de galets, le colmatage n'a lieu qu'au fond de l'ouvrage et se fait sur 6 années environ[45].

Dans le cas de noues ou d'ouvrages enherbés il reste difficile d'évaluer les temps de colmatage, qui dépendent des surfaces actives concentrées dans l'ouvrage, du type de plantation, de ses dimensions etc.

Un suivi de l'évolution de la contamination des sols superficiels est conseillé lorsque le risque de contamination par les surfaces d'apport est significatif ou fort.

Ce suivi comprendra une analyse de l'état initial du sol lors de sa mise en œuvre, puis un suivi tous les 5 ans. Une analyse des teneurs en contaminants devra également être faite avant toute opération de renouvellement de la couche surfacique (renouvellement suite au colmatage de l'ouvrage par exemple) afin de déterminer le mode de gestion et le devenir des matériaux enlevés.

Qu'est-ce que le décolmatage ?

S'il est possible, grâce aux précautions vues ci-dessus, de limiter au maximum le colmatage des ouvrages d'infiltration, ceux-ci peuvent toutefois nécessiter un décolmatage. La fréquence de cette procédure d'entretien dépend de la conception de chaque ouvrage, mais se fait généralement après plusieurs années de fonctionnement pour un ouvrage ne concentrant pas trop les eaux de pluie.

Cette procédure d'entretien permet de redonner sa capacité d'infiltration à l'ouvrage. Dans le cas où celui-ci est conçu pour dépolluer les eaux avant infiltration, le décolmatage fait partie du processus du traitement des pollutions.

Lorsque l'eau ne peut plus s'infiltrer, la couche superficielle colmatée doit donc être enlevée. Son épaisseur est variable mais elle est facilement reconnaissable car formée d'une couche de particules fines très différente du sol support. Cette opération d'enlèvement des sédiments doit être contrôlée de manière à ne pas « brasser » et enfouir les couches colmatées et les dépôts pollués en profondeur, ce qui risquerait de faire descendre les pollutions retenues à la surface vers la nappe.

Lorsque les sédiments « sortent » de l'ouvrage d'infiltration, à partir du moment où ils sont curés, ils prennent le statut de déchets. Un des modes de « gestion » envisageable pour les sédiments de curage consiste en l'envoi dans une installation de stockage de déchets non dangereux.

Il n'existe pas actuellement de filière de valorisation, spécifique aux résidus de curage, validée sur le plan technique, économique et réglementaire, en revanche des travaux de recherche sont en cours[46].

Y a-t-il des risques de pollution accidentelle des sols ou des nappes ?

Les principaux risques massifs et accidentels peuvent se résumer à trois situations :

- Des accidents de la circulation, en particulier des poids-lourds transportant des matières dangereuses, sur des infrastructures très circulées. Ce risque est généralement pris en compte (dans le cas des autoroutes par exemple) par la mise en place d'ouvrages de confinement, grâce à des bassins ;
- Les incendies susceptibles de produire des substances polluantes qui risquent d'être entraînées vers les ouvrages d'infiltration (notamment l'écoulement des eaux utilisées par les pompiers) ;
- Les accidents industriels (rupture de cuves ou de canalisation).

Ces risques ne concernent que les eaux de pluie et les ouvrages au sol et pas les eaux de toiture. Dans les cas exceptionnels où de tels accidents se produisent, la pollution reste fixée sur les couches supérieures du sol et peut être curée et éliminée.

Dans le cas d'une évacuation au réseau, il est très difficile de bloquer les éléments polluants, qui dans le cas d'un réseau séparatif vont se déverser directement dans la rivière, et dans le cas d'un réseau unitaire impactent le traitement en station d'épuration. Dans le cas d'une gestion locale des eaux par infiltration, la pollution est confinée dans une zone identifiée et peut-être plus facilement traitée.

43 – Agence Nationale de la Recherche, (PRECODD), Programme ECOPLUIES, *L'infiltration en questions. Recommandations pour la faisabilité la conception et la gestion des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain*, 2009.
44 – C. Gonzalez-Merchan, *Amélioration des connaissances sur le colmatage des systèmes d'infiltration d'eaux pluviales*, Thèse, 2012.
45 – ANR, *op. cit.*
46 – *Idem*.

© Ambre David

Tilleul en état de stress hydrique devenu sensible aux parasites, Paris

© Ambre David

© Ambre David

Tilleuls en pleine vigueur et en stress hydrique avec des trouées et fenêtres dans le houppier et avec une faible densité du feuillage, Paris

« Le risque de pollution accidentelle des sols et des nappes par l'infiltration d'un polluant dangereux provenant d'un accident de la circulation ou de toute autre cause existe, mais sa fréquence est généralement rare pour la plupart des situations ; de plus, des techniques efficaces existent pour traiter les sols pollués si le risque se matérialise. L'infiltration directe ne devra cependant pas être utilisée lorsque l'aléa (par exemple présence fréquente de camions chargés de matières dangereuses) et/ou la vulnérabilité (par exemple nappe phréatique peu profonde utilisée pour la production d'eau potable) seront trop grands. » [47]

Y a-t-il des risques pour les arbres et la végétation ?

La crainte liée à la collecte d'eau de pluie est souvent liée à celle d'un excès d'eau dans le sol (hydromorphie). Cependant les excès d'eau conduisant à des dépérissements sont rares. Les experts s'accordent pour dire que les risques d'un sur-arrosage concernent uniquement les jeunes arbres[48].

Concernant la pollution, l'arbre est très peu exigeant sur la qualité de l'eau. Il effectue un transport sélectif des éléments minéraux et seul des concentrations très élevées de pollution peuvent nuire à leur bon développement. Il n'est d'ailleurs pas rare de voir des arbres s'alimenter dans des canalisations d'eaux usées (dégradations de canalisation confirmant que les sujets âgés ont du mal à trouver les ressources en eau nécessaires).

En revanche, il est attesté que l'entrée du sodium n'est pas maîtrisée par les arbres, car c'est un élément extrêmement soluble dans l'eau. Ce risque, lié au salage en hiver, conduit généralement à la mise en place de bordures empêchant la collecte des eaux de ruissellement. Le problème était déjà identifié au XIXe siècle, mais la réponse était alors différente : « l'emploi du sel pour la fonte des neiges peut être aussi une cause de dépérissement des arbres, quand on en jette une grande quantité, surtout si les arbres sont jeunes et les racines peu profondes ; on combat l'action nuisible de l'eau salée par un lavage du sol au moyen d'arrosages répétés et abondants » [49]. D'autres moyens d'action restent sans doute encore à trouver, comme la rugosité des sols (poreux) par exemple. De fait, l'un des risques majeurs lié à un arrosage permettant à l'arbre de ne pas être en stress hydrique, outre les économies d'eau qui ont parfois prévalu (l'eau de pluie est gratuite), semble être le risque d'un excès d'entretien dû à la croissance de l'arbre.

Si ce paramètre économique est bien à prendre en compte, il reste à évaluer plus précisément au regard des coûts liés à l'entretien des arbres malades par manque d'eau et aux bénéfices d'un rafraîchissement apporté par une végétation saine.

Il est également nécessaire d'être vigilant quant aux pratiques de fertilisation : les nouvelles pratiques liées à l'agriculture urbaine comme la culture maraîchère sur les toitures impliquent parfois un enrichissement conséquent des substrats. Ces nutriments (azote, phosphore) sont bénéfiques pour ces cultures contraintes mais ils sont très solubles et peuvent être emportés par les eaux de pluie et se concentrer dans d'autres milieux (espaces plantés en pleine terre ou des masses d'eau de surface), et participer de leur sur-enrichissement et donc de leur déséquilibre (et à terme leur eutrophisation).

Pour les stations les plus répandues, les résultats du projet de recherche AMPERES (2006-2009) montrent qu'environ 15 % des substances prioritaires sélectionnées au niveau européen, 30 % des molécules organiques et 90 % des substances pharmaceutiques quantifiées en entrées de station se retrouvent en sortie des procédés biologiques à des concentrations supérieures à 0,1 µg/L.

47 – ANR, *op. cit.*
48 – Apur, *Préservation et valorisation de la ressource en eau brute, Une gestion parisienne des eaux pluviales*, 2015.
49 – Georges Lefebvre (Conducteur des Ponts et Chaussées, Chef de la circonscription des services techniques municipaux de la Ville de Paris), *Plantations d'alignement. Promenades, parcs et jardins publics*, Paris, P. Vicq Dunod et Cie éditeurs, 1897, p. 130.

Techniques de dépollution

Les couches de surface des ouvrages d'infiltration permettent de piéger la plus grande partie des pollutions susceptibles d'être présentes dans les eaux pluviales avant que celles-ci ne descendent vers les couches inférieures et la nappe.

Cependant certaines situations peuvent nécessiter de prévoir des systèmes spécifiques pour dépolluer ces eaux de pluie. Il peut s'agir de situations dans lesquelles les eaux récupérées risquent d'être particulièrement chargées, mais aussi de situations dans lesquelles on désire améliorer la qualité des eaux de pluie pour des raisons d'usage (utilisation pour le nettoyage, l'arrosage, mais aussi pour atteindre des qualités d'eau adaptées en cas de rejet direct dans des eaux de surfaces comme les plans d'eau ou les rivières).

La mise en place de ce type de solutions doit répondre à trois objectifs : jouer leur rôle premier de gestion des eaux de pluie (réduction du ruissellement), limiter la diffusion des polluants (vers les sous-sols, vers le réseau), favoriser à long terme la dégradation des polluants retenus[50].

Les meilleures solutions pour dépolluer les eaux de pluie sont toujours les plus simples : celles nécessitant le moins d'entretien et engageant le moins de coûts d'investissement. En cela, les techniques de gestion des eaux pluviales en surface et à la source sont efficaces et facilement contrôlables. À l'inverse les techniques de stockage et/ou de décantation enterrées sont difficilement contrôlables et plus coûteuses. Il faut privilégier les **ouvrages à ciel ouvert** permettant de favoriser la dépollution naturelle à long terme par des effets de volatilisation, photodégradation et biodégradation :

- La volatilisation (air) et la photodégradation (lumière) ne sont possibles que dans les ouvrages à l'air libre.
- La biodégradation est importante dans la couche superficielle des sols et elle est spécialement favorisée en présence d'un couvert végétalisé.

Les trois objectifs visés (réduire les eaux envoyées au réseau, retenir les pollutions et les dégrader à terme) peuvent être atteints avec **un choix d'ouvrages combinant la décantation et la filtration. Les ouvrages à ciel ouvert permettent également une certaine rapidité d'entretien en cas de pollution accidentelle**.

Ces deux solutions, contrairement à une idée préconçue, sont les meilleures solutions pour piéger les hydrocarbures présents dans les eaux de pluie. Les séparateurs à hydrocarbures fonctionnent essentiellement sur le principe de l'écrémage, donc sur le piégeage des polluants en surface. Ceci ne peut donc fonctionner qu'en cas de réelle nappe d'hydrocarbure, issue d'un accident ou de sites très particuliers (garages, stations-services, de lavage...) [51].

Dans les ouvrages de décantation, on cherche à stabiliser les eaux le plus longtemps possible pour que les particules en suspension puissent se déposer

50 – Agence de l'Eau Seine-Normandie, *Outils de bonne gestion..., op. cit.*
51 – ANR, *op. cit.*
52 – Ekopolis, *op. cit.*

Lagune de la place de la Colombie, bassin de dépollution des eaux de ruissellement de voirie, bois de Boulogne, Paris 16e

© Apur – David Boureau

au fond de l'ouvrage. C'est la sédimentation qui est d'abord recherchée. Pour cela, un système d'alimentation le plus réparti possible et des prises d'eau en sortie évitent les remises en suspension de la matière.

Par ailleurs, le temps de séjour doit être pensé pour favoriser la décantation tout en permettant à l'ouvrage de retrouver assez rapidement ses capacités de stockage pour la pluie suivante.
Les ouvrages de décantation, tels que des bassins de stockage-décantation, sont spécialement indiqués lorsque la charge attendue en matière en suspension est très importante. Ils peuvent également être placés en amont d'un ouvrage d'infiltration si la surface drainée est importante pour purger l'eau de ses matières en suspension (fines) et éviter le colmatage de l'ouvrage d'infiltration.

Dans les ouvrages de filtration, l'eau passe à travers un filtre constitué de matériaux choisis (sables ou autres) ou du sol en place. Ces filtres peuvent être plantés ou non. La lenteur du processus contribue à l'efficacité du filtre. La végétation joue un rôle de barrière physique/filtre très efficace pour piéger les pollutions particulaires et pour une partie d'entre elle la dégrader. La présence de matières organiques dans le filtre favorise la rétention et la dégradation d'une partie des contaminants (les polluants organiques et dans certains cas les micropolluants organiques, les pollutions phosphorée et azotée). Cet apport de matière organique est favorisé par les végétaux. Leur présence limite par ailleurs les phénomènes de colmatage (voir fiche sur le colmatage).
Parmi les matériaux adsorbants qui permettent au filtre de fixer les contaminants peuvent être mis en place des mélanges de compost et de mulch. L'adsorption peut également être favorisée par un substrat minéral (sables, hydroxydes de fer, oxydes d'aluminium, clinoptilolite, charbon actif…) ou textile. Le matériau adsorbant devra être choisi en fonction du type de contaminant visé.
Ces filtres remplacent avantageusement des systèmes complexes comme les décanteurs-débourbeur-déshuileurs qui sont difficiles à dimensionner et posent des problèmes de remise en circulation de la pollution piégée en cas d'orage [52].

Les techniques de gestion des eaux de pluie à ciel ouvert donnent de très bons résultats en termes de dépollution et ont l'avantage d'être faciles à mettre en œuvre et faciles à surveiller.
Il convient donc de favoriser les ouvrages qui permettent de réduire les volumes d'eaux de pluies envoyés au réseau par l'infiltration et l'évaporation tout en assurant un séjour long de l'eau dans les ouvrages pour que la filtration et/ou la décantation se fasse au mieux.

© Apur

Parc du Chemin de l'Ile, Nanterre – Guillaume Geoffroy Dechaume et Mutabilis, paysagiste

Référentiel pour une gestion à la source des eaux pluviales dans la métropole

CAHIER 2 | COMMENT GÉRER LES EAUX DE PLUIE À LA SOURCE ?

Le référentiel pour une gestion à la source des eaux pluviales dans la métropole du Grand Paris est engagé dans le cadre des réflexions sur la baignade en Seine et Marne à l'horizon 2024 et plus particulièrement du comité de pilotage « Qualité de l'eau et baignade en vue de l'objectif JOP » piloté par le Préfet de Région Ile-de-France et la Maire de Paris.
Inscrit au programme partenarial de l'Apur de 2017 à 2019, ce référentiel est élaboré en coordination étroite avec le groupe de travail sur « la gestion des eaux pluviales » (piloté par la Direction de l'Eau du CD 93) et celui sur « la priorisation des rejets » (piloté par le SIAAP).
Ce référentiel est composé de 3 cahiers, le premier s'interroge sur les raisons d'une gestion à la source des eaux pluviales, le second sur les manières de gérer ces eaux, enfin le troisième s'intéresse aux acteurs de cette gestion intégrée des eaux pluviales.
Le cahier 2 présente les différents moyens de gérer localement les eaux pluviales et les principaux freins et leviers communément rencontrés qu'ils soient liés aux tissus urbains, aux espaces publics et privés, aux opérations d'aménagement neuves ou de renouvellement urbains. Les moyens de déconnecter les eaux pluviales sont aussi abordés en termes de volumes, de stockage et d'infiltration, de perméabilité des sols, de pollution et de dépollution. Ces sujets sont traités à la fois sous forme de grandes thématiques et types d'actions et à partir de nombreux retours d'expériences.
Plusieurs encarts permettent de donner la parole aux acteurs impliqués dans la gestion de l'eau et de l'assainissement (Villes, Conseils départementaux, EPT, Syndicats…).

L'Apur, Atelier parisien d'urbanisme, est une association loi 1901 qui réunit autour de ses membres fondateurs, la Ville de Paris et l'État, les acteurs de la Métropole du Grand Paris.
Ses partenaires sont :