

Le Plan pluie à Paris : La nécessaire dimension environnementale

The rainwater master plan for Paris: a necessary environmental issue

Alexandre NEZEYS (1), Stéphane REBOUL (2), Olivier SAISON (3),
Morgan BAILLET (4)

(1) Ingénieur – Mairie de Paris – Service Techniques de l'Eau et de l'Assainissement, 27 rue du Commandeur – 75014 Paris

(alexandre.nezeys@paris.fr)

(2) Ingénieur en chef – PROLOG Ingénierie – 3-5 rue de Metz – 75010 Paris

(reboul@prolog-ingenierie.fr)

(3) Ingénieur référent Développement Durable – SEPIA Conseil – 53 rue de Turbigo – 75003 Paris (os@sepia-uw.fr)

(4) Ingénieur Référent Environnement et Développement Durable – ARTELIA Ville et Transport – Immeuble Le Lendit – 14 rue André Campra – 93200 Saint-Denis (morgan.baillet@arteliagroup.com)

RÉSUMÉ

Le Plan Pluie à Paris, dont le principal volet est le zonage pluvial, est probablement le premier en France à avoir pris en compte, dans ses prescriptions, des objectifs purement environnementaux, ajoutés à l'objectif historique qui est la lutte contre les inondations. Aujourd'hui la doctrine portée par l'État et la réglementation qui en découle incluent ces objectifs environnementaux. Dans cette optique, l'État français a demandé que le zonage pluvial de Paris soit soumis à une évaluation environnementale en 2013. Cette évaluation est basée sur une étude d'impact hydraulique et une étude coût-bénéfice globale incluant notamment des bénéfices écosystémiques qui ne sont pas forcément hydrauliques, comme par exemple la lutte contre les îlots de chaleur urbains.

Le zonage pluvial devient alors une composante de la politique environnementale globale de la ville, dont il intègre des problématiques connexes.

ABSTRACT

The "plan pluie of Paris", whose main component is the rain zoning, is probably the first in France to deal, in its requirements, with environmental goals, added to the historic goal which is urban flood regulation. Today the doctrine carried out by the French Government and the resulting regulations, include those environmental goals. In this context, the Government requested that the rain zoning of Paris had to be subjected to an "environmental assessment" in 2013. This assessment is based on a hydraulic impact study and a comprehensive cost-benefit study including in particular ecological benefits that are not necessarily flood or water pollution related, such as urban heat islands mitigation. Rain zoning becomes a component of an overall environmental policy of the city, which integrates related issues.

MOTS CLÉS

Environnement, services écosystémiques, zonage pluvial

1 INTRODUCTION

Le Zonage pluvial de Paris, ou volet pluvial du zonage d'assainissement, composante essentielle du Plan Pluie de Paris a déjà fait l'objet de présentations, principalement sur les aspects hydrauliques, à Novatechⁱ Ces interventions basées sur l'étude SAFEGE de 2007ⁱⁱ, abordaient principalement les aspects hydrauliques. Le présent article présente l'étude d'impact hydraulique du zonage pluvial, et les études environnementales qui ont été réalisées dans la foulée : une étude coûts-bénéfices globale et une évaluation environnementale comme demandée par l'État.

Conçu pour satisfaire trois objectifs, deux hydrauliques (lutte contre les déversements d'eaux unitaires dans la Seine et contre les inondations par débordement du réseau) et un environnemental (lutte contre les îlots de chaleur urbains), le Zonage pluvial de Paris (figure 1) voit son originalité dans des prescriptions de déconnexion partielle ou totale du réseau sous forme d'abattement volumique, plutôt que sur une demande systématique d'une régulation du débit de fuite. Sur l'ensemble du territoire de la Commune, pour les projets de renouvellement urbain, sur bâti comme sur espaces publics, le zonage pluvial fixe un objectif optimal de déconnexion complète, et un objectif minimal de déconnexion partielle, selon le lieu du projet, de 4mm, 8mm, 12mm, ou total, avec possibilité d'appliquer en « mode dégradé » d'un abattement volumique respectif 30%, 55%, 80% ou 100% de la pluie 16mm, s'il s'avère impossible techniquement d'abattre tout le volume demandé sur toute la surface. La régulation de débit à 10l/s/ha reste prescrite à l'amont des zones de débordement en surface, où l'étude hydraulique de 2007 a montré qu'elle pouvait permettre de les réduire.

Depuis 2012, le Service s'interroge sur l'impact environnemental, impact qui n'est pas forcément hydraulique, mais lié à d'autres problématiques de la politique environnementale de la Municipalité, comme le climatⁱⁱⁱ et la biodiversité^{iv}. En incitant à introduire dans toute réflexion urbaine la notion de coût global et de service écosystémique, le Service tente de favoriser l'adoption de techniques vertes de gestion des eaux pluviales dans les aménagements (ZAC, lotissements etc.).

Enfin le Service a évalué la qualité des réponses apportées par les architectes des projets bâtis, au projet de zonage pluvial, qui est appliqué depuis 2008, bien qu'il ne soit pas encore voté.

2 L'IMPACT

2.1 Impact Hydraulique du zonage pluvial^v

Pour ce qui est des pollutions par déversement d'eau unitaire dans la Seine, les effets bénéfiques du Zonage pluvial étaient basés sur l'étude de faisabilité de 2007, qui simulait la prescription d'un abattement volumique de 16 mm. Cela n'était donc pas satisfaisant, le zonage prescrivant des abattements volumiques de 4 mm, 8 mm, 12 mm ou 16mm selon les endroits. C'est pour cela qu'il a été décidé d'étudier de manière plus précise l'impact hydraulique du zonage tel que conçu. Cette même étude hydraulique inclut une simulation de ce qui se passerait en cas de non-application du zonage pluvial. Les simulations sont réalisées à deux échéances, 20 ans et 50 ans, et en fonction des taux de renouvellement urbain constatés ces 10 dernières années. Le logiciel utilisé est MIKE URBAN.

Scénarios de non-application du zonage pluvial

Deux scénarios encadrent l'hypothèse selon laquelle on n'appliquerait pas le zonage pluvial :

Le Scénario intermédiaire correspond à la situation actuelle (2013) de l'imperméabilisation. Autrement dit, la ville reste figée. Des mesures prises ponctuellement, de la propre initiative des projeteurs, permettent tout juste de ne pas empirer la situation.

Le Scénario tendanciel correspond à une hypothèse haute d'imperméabilisation où la ville perd complètement la maîtrise des eaux de ruissellement. L'hypothèse est prise selon un constat réalisé ces 20 dernières années : en se densifiant, si aucune disposition n'est prise, au fur et à mesure de son renouvellement, avec la pression foncière, les quartiers s'imperméabilisent : Les jardins privés et les cours en pavés non jointés ont tendance à disparaître au profit de places de parking, de verrières ou de constructions neuves. Les espaces de voirie en pavés ou en stabilisé renforcé sont remplacés par des enrobés ou des asphaltes. Les emprises ferroviaires sont couvertes ou rénovées en étanchéisation. Les stades de la périphérie sont étanchés. Des constructions sont réalisées sur les terre-pleins du boulevard Périphérique. Dans les simulations cela se traduit par une augmentation du coefficient d'imperméabilisation de 1% par an en zone urbaine, avec une limite à 0,9, qui est le coefficient d'imperméabilisation des quartiers haussmanniens centraux de Paris, qui ont servi de modèle pour les aménagements de ces 20 dernières années.

Scénarios d'application du zonage pluvial

Deux scénarios encadrent aussi les simulations hydrauliques d'application du zonage pluvial.

Le Scénario rationnel est basé sur une application stricte des prescriptions d'abattement volumique du zonage pluvial sur le renouvellement urbain, à savoir 4 mm, 8 mm et 12 mm. Dans la pratique, cela correspondrait à une application du zonage pluvial majoritairement par des techniques grises (puits, tranchées, bassins d'infiltration par exemple) dimensionnées au plus juste. Les techniques vertes éventuellement installées fonctionneraient selon le même modèle hydraulique, c'est-à-dire qu'elles abattent uniquement le volume demandé localement.

Le Scénario réaliste est basé sur le constat que les techniques vertes bénéficient d'une surperformance hydraulique très forte. Par exemple, il est considéré par la Ville de Paris, qu'une toiture végétalisée ayant un substrat de 5 cm d'épaisseur permet d'abattre la pluie 4 mm. Des mesures ont montré qu'il s'agit d'une performance moyenne d'hiver. L'été l'abattement volumique peut attendre 20 mm^{vi}. Une voirie poreuse ou un impluvium connecté sur un jardin de pluie sont, dans la pratique, déconnectés du réseau (sauf peut-être pluie exceptionnelle).

Impact sur les déversements d'eau unitaire dans la Seine (figure 2).

Avec le renouvellement urbain envisagé, on constate une multiplication par 2,4 des déversements d'eau unitaire pour la pluie de référence (16 mm, durée 4 heures) dans le cadre du scénario tendanciel.

Pour les deux scénarios d'application du zonage pluvial, on constate une baisse sensible des rejets d'eau unitaire pour la pluie de référence, avec bien sûr un bien meilleur impact dans l'hypothèse du scénario « réaliste ».

Un complément d'étude^{vii} a permis de traduire la performance des différents scénarios à 20 ans en matière de rejet dans le milieu naturel et de volume d'eau pluvial envoyé en station d'épuration sur une année. Les figures 3 à 6 montrent les résultats de ce complément d'étude et confirment l'impact positif du zonage pluvial et le risque d'augmentation des pollutions en cas d'inaction.

Impact sur les débordements du réseau (figure 7 à 10).

Lors de la conception du zonage pluvial, l'abattement volumique avait pour objectif unique la réduction des pollutions, la lutte contre les inondations par temps de pluie étant traitée par la régulation du débit de fuite en amont des points de débordement. Cependant pour l'étude d'impact de 2013, il a été décidé d'estimer l'impact de l'abattement volumique sur les débordements à 20 et 50 ans, pour une pluie décennale. L'étude montre un impact très favorable de l'application de l'abattement volumique sur les volumes débordés sur voirie, en particulier dans le scénario « réaliste ». En revanche, dans le scénario « tendanciel », on constate une forte multiplication des points de débordement. Ce scénario montre aussi une forte augmentation des volumes débordés par un coefficient multiplicateur de 9 à 20 ans et de 11 à 50 ans par rapport à la situation actuelle. Cela peut s'expliquer par le fait que le réseau est presque à saturation pour la pluie décennale, pluie pour laquelle une partie du réseau est dimensionnée pour ne pas déborder. Une augmentation du ruissellement, même faible, peut se traduire assez rapidement par des résurgences.

2.2 L'objectif 0 rejet

Lors de la présentation du projet et de son étude d'impact, à la police de l'eau (DRIEE Ile de France), cette dernière avait demandé s'il était possible de voir au-delà des horizons 20 et 50 ans, au bout de combien d'années d'application du zonage pluvial, on pourra atteindre l'objectif 0 rejets. Ainsi un complément d'étude^{viii} permet d'estimer selon le Scénario « rationnel », que l'atteinte de l'objectif 0 rejet pour la pluie de référence 16 mm, nécessiterait une déconnexion de 100% de la voirie parisienne et 40% du bâti. Avec le taux de renouvellement urbain pris en compte dans l'étude d'impact, cela pourrait être effectif à l'horizon 2102.

Si on applique le même calcul au Scénario « réaliste », une déconnexion de 75% de la voirie et de 40% du bâti arriverait au même résultat à l'horizon 2075. La figure 11 résume ces résultats sur les quantités d'eau unitaire déversées au milieu naturel en fonction du taux de déconnexion pour la pluie de référence.

L'atteinte de cet objectif permettrait de garantir de manière permanente la baignabilité de la Seine. La seule application du zonage pluvial, bien que suffisante dans un horizon compris entre 2075 et 2102, ne pourra pas être suffisant à plus court terme pour l'objectif de la municipalité relatif aux JO 2024.

Aussi d'autres solutions techniques sont-elles en projet (phyto-remédiation sur le déversoir d'orage Bugeaud) ou à l'étude.

2.3 L'approche coût-bénéfice globale^{ix}

Pour intégrer les services écosystèmes à la démarche, l'étude d'impact a été complétée par une étude coût-bénéfice globale. Dans ce cadre il a été considéré le cas idéal selon lequel la totalité des dispositifs de gestion des eaux pluviales adoptés pour satisfaire le Zonage pluvial serait des techniques végétales (toitures végétalisées, jardins de pluie etc.).

Bénéfice hydraulique

Le bénéfice hydraulique a été évalué en croisant les scénarios d'application du zonage pluvial « rationnel » et « réaliste » aux scénarios d'imperméabilisation « tendanciel » et « intermédiaire ». Par exemple le bénéfice hydraulique « intermédiaire/rationnel » est calculé selon la modalité suivante : On applique le zonage pluvial selon le scénario « rationnel » comme « solution principale », c'est-à-dire que les dispositifs mis en place pour répondre au zonage pluvial permettent un abattement volumique limité à 4mm, 8mm et 12mm selon l'endroit où se trouve le projet. La « solution compensatoire » consiste à construire, sans application du zonage pluvial, des ouvrages de stockage aval dans les déversoirs d'orage afin de limiter les rejets d'eau unitaire au milieu naturel dans les mêmes proportions que ce que procure la « solution principale », mais avec une hypothèse d'imperméabilisation retenue pour le scénario « intermédiaire ». Une estimation du coût d'investissement et d'exploitation selon les deux échéances de l'étude (20 ans et 50 ans) permet d'estimer le bénéfice hydraulique. Cette estimation a négligé le surcoût qu'engendrerait la restitution des eaux unitaires stockées vers les stations d'épuration. Ce bénéfice hydraulique peut être comparé au coût d'application du zonage pluvial (pose de toitures végétalisées et de jardins de pluie). Sans surprise le bénéfice hydraulique « intermédiaire/rationnel » pour lequel la performance hydraulique des organes de gestion des eaux pluviales est faible et l'imperméabilisation de la ville reste stationnaire, est inférieur au coût d'application du zonage pluvial. En revanche, le bénéfice « tendanciel/réaliste » est bien plus élevé que le coût d'application du zonage pluvial. Cela s'explique par la forte performance des organes de gestion des eaux pluviales pour respecter le Zonage pluvial du scénario « réaliste », et l'imperméabilisation « tendanciel » conduisant à des ouvrages de stockage aval fortement dimensionnés, donc chers.

Autres bénéfices

Les autres services écosystémiques considérés dans cette étude sont :

- Le bénéfice « îlots de chaleur urbains » calculé sur la base d'une baisse de la température moyenne d'un degré à 20 ans et de 2 degrés à 50 ans que procureraient la pose de jardins de pluie et de toitures végétalisées en solution principale compensée par la pose de dispositifs de climatisation dans le bâti et du rafraîchissement par aspersion d'eau non potable sur la voirie.
- Le bénéfice de « sur-isolation thermique des toitures végétalisées » est estimé en calculant le coût économisé sur le chauffage l'hiver et la climatisation l'été.
- Le bénéfice « extension de la durée de vie des toitures » est estimé par la diminution par deux de la fréquence de remplacement des étanchéités. En Amérique du Nord, ce fait est confirmé par la pratique d'une diminution des cotisations d'assurance sur les étanchéités de toitures lorsqu'elles sont végétalisées.
- Le bénéfice « d'abattement des pollutions atmosphériques » est basée sur l'étude « Life-cycle cost-benefit »^x selon laquelle les sédiments des toitures végétalisées absorbent entre autres l'ozone (O₃), les oxydes d'azote (NOx), les oxydes de soufre (SO₂) et les particules en suspension. Certains de ces polluants font déjà l'objet de marchés aux USA^{xi}.
- Le bénéfice « épuration potentielle des jardins de pluie » concerne la pollution chronique et la pollution accidentelle. Il a été constaté que les noues récoltant les eaux de voirie étaient le dispositif le moins cher et le plus efficace pour circonferer la pollution accidentelle. La solution compensatoire consiste à installer et à entretenir un déboureur-déshuileur qui aurait la même efficacité, ce qui explique le bénéfice assez élevé de ce service écosystémique.

Aujourd'hui l'agence de l'Eau Seine-Normandie et la Région Ile de France subventionnent la pose de techniques vertes de gestion des eaux pluviales. Le montant de ces subventions a été ajouté au bénéfice global. Les figures 12 et 13 montrent que le bilan du volet coût-bénéfice du zonage pluvial de Paris quels que soient les scénarios envisagés.

D'autres services écosystémiques, qui n'ont pas pu être intégrés dans le bilan financier de l'étude sont cités comme la biodiversité, la valorisation du bâti, les aménités paysagères, sociales ou ludiques.

2.4 L'évaluation environnementale

Depuis le 1^{er} janvier 2013, l'autorité environnementale a la possibilité de demander une évaluation environnementale d'un zonage d'assainissement, à l'instar des plans de gestion des déchets par exemple. Cette évaluation réalisée par le maître d'ouvrage ou sous sa responsabilité, consiste à intégrer les enjeux environnementaux et sanitaires tout au long de la préparation d'un projet, d'un plan ou d'un programme et du processus décisionnel qui l'accompagne. Au départ, le zonage pluvial avait été conçu pour la lutte contre les inondations^{xii}. L'État a réalisé qu'il pouvait aussi être un outil environnemental. Comme le zonage pluvial de Paris avait comme premier objectif la réduction des pollutions et comme troisième objectif la lutte contre les îlots de chaleur urbains, il était tout naturel qu'il fasse l'objet d'une évaluation environnementale^{xiii}.

Cette évaluation a repris les résultats de l'étude d'impact et a classé 40 incidences environnementales selon une échelle d'impact faible-moyen-fort. La figure 14 montre un bilan de ces classements. Elle préconise des actions pour accompagner la mise en œuvre du zonage comme :

- Compléter le diagnostic en identifiant clairement les acteurs et documents de références.
- Matérialiser les outils (bases de données, veille réglementaire), programmer leur élaboration, préparer leur mise en œuvre.
- Assurer la concertation en anticipant les blocages, en rassurant et en ajustant les prescriptions.
- Consolider un référentiel et élaborer des guides techniques de mise en œuvre pratique des prescriptions du zonage

L'autorité environnementale a donné un avis favorable à l'évaluation environnementale du zonage d'assainissement de Paris^{xiv}.

Enfin L'évaluation environnementale a permis au zonage pluvial de s'amarrer au Plan Climat de Paris, en particulier au volet « adaptation » de ce Plan^{xv}

3 L'APPROCHE PAR SECTEUR D'AMENAGEMENT

Le Service en charge de l'assainissement souhaite étendre aux projets urbains cette démarche d'impact environnemental par la mise en place d'études coûts-bénéfices globale localisées. Cette approche a été étudiée dans le cadre des espaces publics de la ZAC Paul Bourget à Paris 13^{ème}.

La solution principale proposée par le Service est l'implantation de noues végétalisées d'infiltration reprenant les eaux de voirie. Pour le calcul des bénéfices écosystémiques, il est envisagé comme solution compensatoire, la construction d'un réseau de collecte des eaux pluviales, d'un stockage permettant d'éviter (théoriquement) les rejets chroniques au milieu naturel, des déboueurs-déshuileurs pour intercepter les pollutions accidentelles, et le surcoût des climatisations installées dans les immeubles avoisinant pour compenser ce que les noues pourraient apporter comme fraîcheur. Pour chaque dispositif étudié, l'investissement et l'exploitation ont été pris en compte. Le gain carbone (80 tonnes) et les subventions de l'Agence de l'Eau Seine Normandie et de la Région Ile de France sont aussi portés au bénéfice de l'opération. La figure 15 montre le bilan prévisionnel de cette opération.

4 UN RETOUR ASSEZ FAVORABLE SUR LES PERMIS DE CONSTRUIRE

Le zonage d'assainissement n'a pas été encore voté par le Conseil de Paris, mais est appliqué depuis 2008 en vertu de plusieurs textes de loi^{xvi} et de l'article 4.2 du PLU de Paris^{xvii}. En 2014, le Service a réalisé un bilan des dispositifs de gestion des eaux pluviales prévu pour répondre aux prescriptions du zonage pluvial, dans le cadre des demandes de permis de construire^{xviii}. Cette étude statistique concernait un échantillonnage de 82 permis de Construire déposés en 2012 et 2013, soit environ 1/3 des permis traités ces deux années. Cet échantillonnage correspond aux permis traités en service central. La figure 16 montre la localisation de ces 82 demandes de permis de construire.

Dans un premier temps la conformité aux prescriptions de zonage pluvial a été étudiée (figure 17). Il s'avère que dans presque 99% des cas, les projets sont conformes au zonage pluvial. L'objectif optimal (déconnexion complète) est atteint pour environ un projet sur 10. Un dépassement des objectifs minimaux est constaté sur 17% des projets. Le « mode dégradé » ne concerne qu'un tiers

des projets.

Dans un second temps, le type de technique envisagé a été étudié (figure 18). Une bonne surprise a résidé dans le fait que, malgré la densité urbaine, dans 2/3 des projets, des techniques vertes (toitures végétalisées et jardins de pluie) ont été prévues. Le tiers restant se partageant de manière presque égale entre les techniques grises et une combinaison de techniques vertes et grises.

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans une optique d'adoption du zonage pluvial, il est envisagé l'édition d'un guide de gestion des eaux pluviales dans les projets et les aménagements. Pour intégrer l'aspect environnemental, pour chaque technique, des bénéfices écosystémiques seront disponibles, en plus des coûts d'investissement et d'exploitation, et des modalités de subventions.

Le zonage pluvial se place dans le cadre du Plan pluie de Paris. Il est complémentaire à d'autres opérations comme notamment une optimisation de la gestion des flux lancée depuis 1991, l'interception du déversoir Bugeaud, qui reprend les eaux pluviales du boulevard Périphérique Ouest, par un dispositif de phytoremédiation dans le bois de Boulogne (projet Mairie de Paris – Pena – Prolog – Diversité – Travaux prévu en 2019) ou la récupération d'eaux pluviales pour alimenter le réseau d'adduction en eau non potable de Paris.

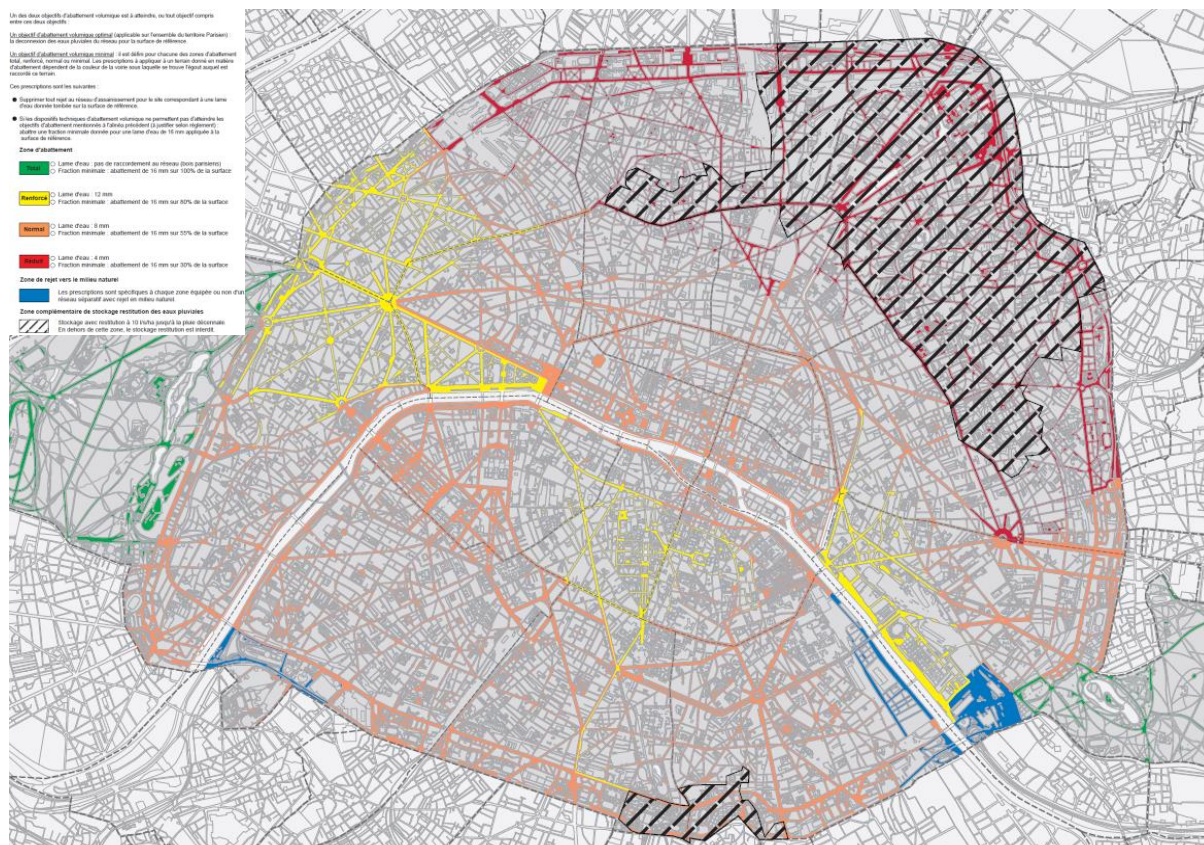


Figure 1 – Carte du Zonage pluvial de Paris

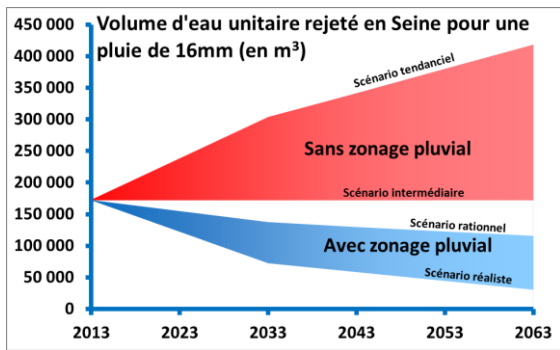


Figure 2 (d'après étude PROLOG)

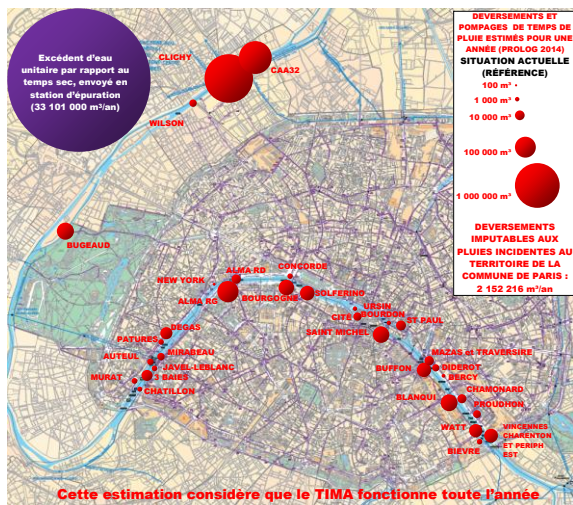


Figure 3 – Déversements annualisés : situation actuelle. Le TIMA (Tunnel Ivry Masséna), est un ouvrage aval de stockage des eaux unitaires de temps de pluie de 100 000 m³. Il permet d'intercepter les rejets des déversoirs d'orage du Sud-est parisien. Actuellement il fonctionne la moitié de l'année. La figure et les trois suivantes montrent l'excédent d'eau unitaire envoyé en station d'épuration. Les volumes des boules représentées sont proportionnels aux volumes déversés ou transportés vers les stations d'épuration selon la même échelle. (d'après étude PROLOG)

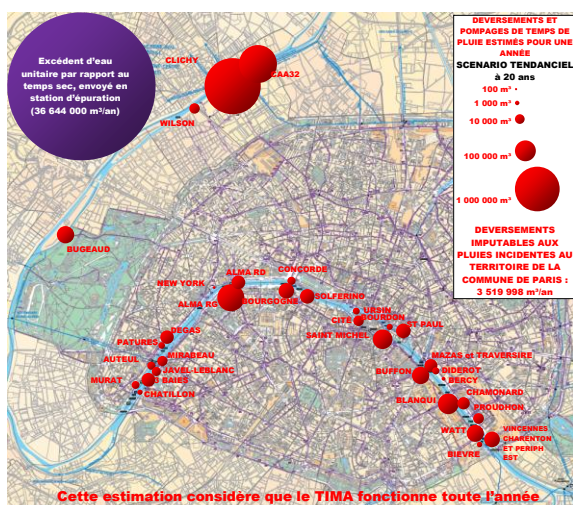


Figure 4 – Déversements annualisés à 20 ans pour scénario tendanciel (d'après étude PROLOG)

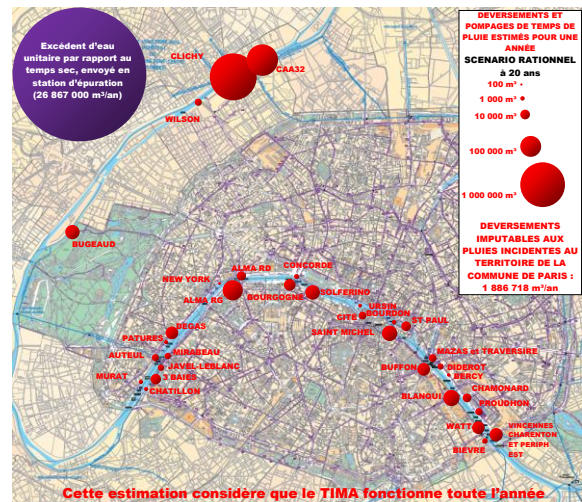


Figure 5 – Déversements annualisés à 20 ans pour scénario rationnel (d'après étude PROLOG)

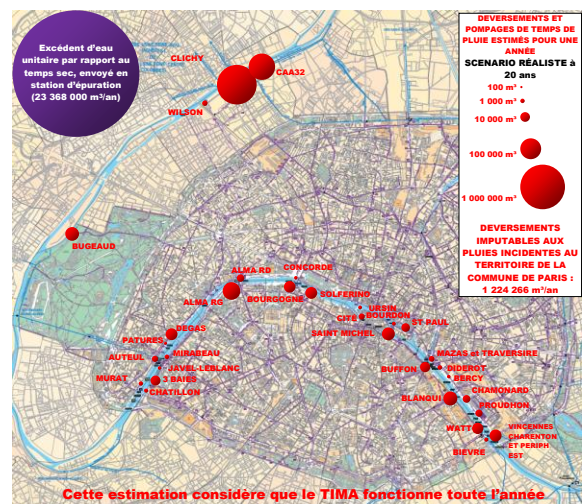


Figure 6 – Déversements annualisés à 20 ans pour scénario réaliste (d'après étude PROLOG)

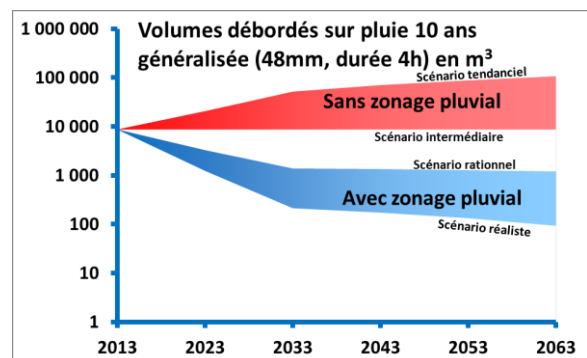
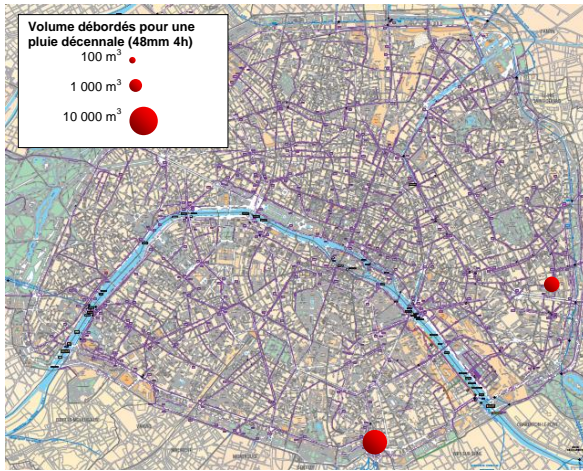
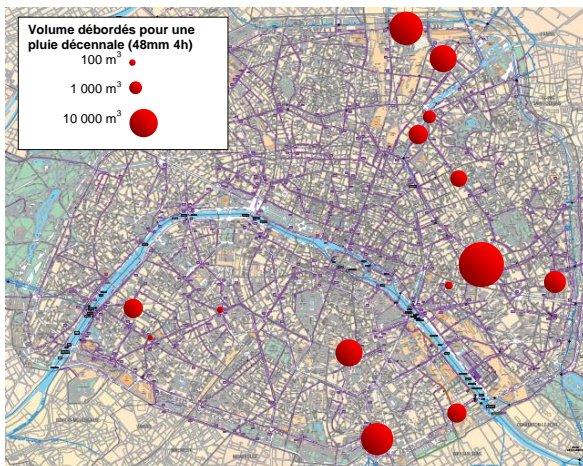


Figure 7 (d'après étude PROLOG)



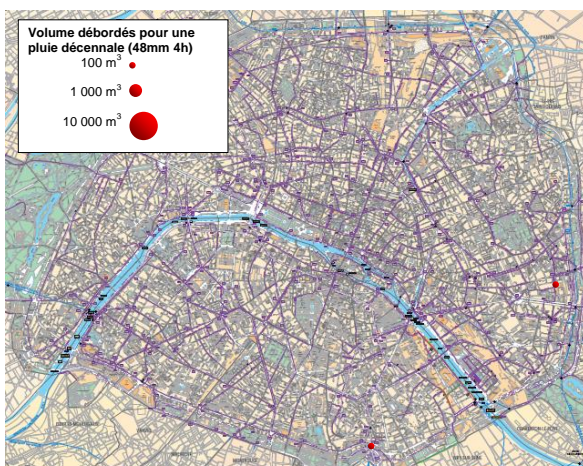
Carte des débordements simulés sur une pluie décennale (lame d'eau 48mm et durée 4 heures) pour la situation actuelle (scénario intermédiaire). Les débordements sont représentés pour un groupe de nœuds locaux, par une boule dont le volume est proportionnel au volume débordé.

Figure 8 (d'après étude PROLOG)



Carte des débordements simulés sur une pluie décennale (lame d'eau 48mm, durée 4 heures) pour le scénario tendanciel à 50 ans.

Figure 9 (d'après étude PROLOG)



Carte des débordements simulés sur une pluie décennale (lame d'eau 48mm et durée 4 heures) pour une application du zonage pluvial à 20 ans (scénario selon l'hypothèse réaliste).

Figure 10 (d'après étude PROLOG)

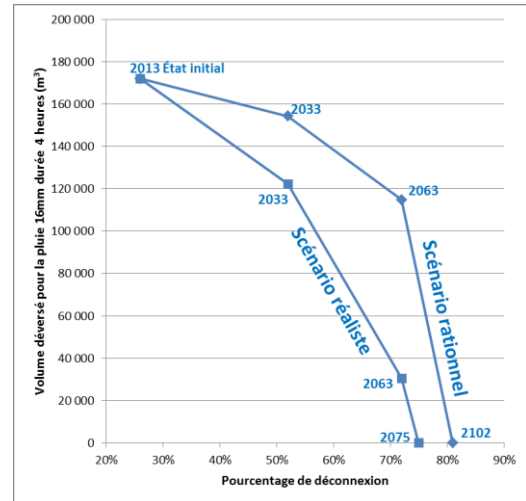
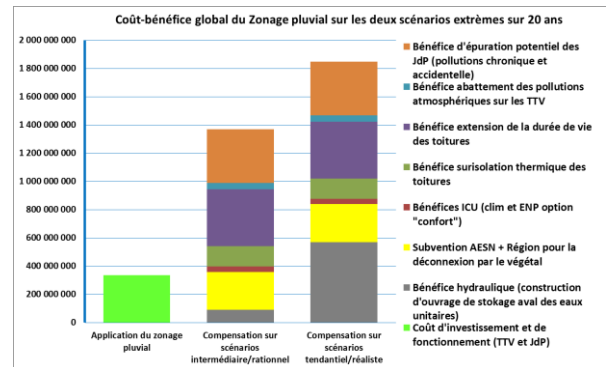
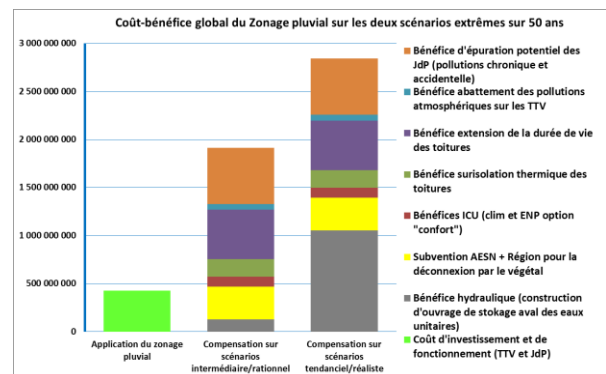


Figure 11 – Graphe montrant le volume rejeté pour la pluie de référence 16 mm en fonction du taux de déconnexion. Les points des années 2013, 2033 et 2063 sont issus du Volet hydraulique de l'Étude d'impact du projet de zonage pluvial avec Volet Cout-bénéfice de PROLOG. Le point de l'année 2102 est issu de l'étude Détermination d'hypothèses conduisant à la suppression des déversements en Seine pour la pluie 16 mm par PROLOG 2014. Le point de l'année 2075 a été estimé par le Service.



Figures 12 et 13 – La première colonne à gauche montre le coût d'application du zonage pluvial par des techniques vertes. Les deux colonnes de droite symbolisent les bénéfices écosystémiques et réels (subventions) selon les scénarios d'abattements volumiques d'application du zonage et d'imperméabilisation en cas de non application (d'après SEPIA).



-
- ⁱ *Faisabilité hydraulique du zonage pluvial à Paris* (Mouy N, Duguet P, Laurent C. – Novatech 2007) et *Un zonage pluvial pour Paris : Réintégrer les eaux pluviales dans le grand cycle de l'eau* (A. NEZEYS – Novatech 2013)
- ⁱⁱ *Étude de faisabilité hydraulique d'un zonage pluvial à Paris* (Mairie de Paris – SAFEGE 2007)
- ⁱⁱⁱ *Plan Climat Énergie de Paris (révision 2012)* adopté par le Conseil de Paris du 11 décembre 2012
- ^{iv} *Plan Biodiversité de Paris* adopté le 15 novembre 2011 par le Conseil de Paris.
- ^v Volet hydraulique de *l'Étude d'impact du projet de zonage pluvial avec Volet Cout-bénéfice* (Mairie de Paris – PROLOG, SEPIA, ARTELIA – 2013)
- ^{vi} *Compte rendu de synthèse : Revue des études réalisées sur la performance hydraulique des toitures végétalisées, afin de vérifier leur efficacité en matière d'abattement* (A.NEZEYS – Mairie de Paris – 2007) disponible sur demande à l'auteur.
- ^{vii} *Étude d'impact du projet de zonage pluvial sur les déversements annuels* (Mairie de Paris - PROLOG 2014)
- ^{viii} *Détermination d'hypothèses conduisant à la suppression des déversements en Seine pour la pluie 16 mm* (Mairie de Paris - PROLOG 2014)
- ^{ix} Volet cout-bénéfice de *l'Étude d'impact du projet de zonage pluvial avec Volet Cout-bénéfice* (Mairie de Paris - PROLOG, SEPIA, ARTELIA – 2013)
- ^x *Life-cycle cost-benefit – analysis of extensive vegetated roof systems* (Cartera T., Keeler A. – Journal of Environmental Management 2008)
- ^{xi} *Acid Rain Program* (EPA – USA 2015) et *Clean Air Market : NOx trading program* (EPA – USA 2003)
- ^{xii} *Loi sur l'Eau du 3 janvier 1992 et décret no 94-469 du 3 juin 1994*
- ^{xiii} *Zonage d'assainissement, Évaluation environnementale* (Mairie de Paris – ARTELIA 2013) et *Zonage d'assainissement, Évaluation environnementale, Résumé non technique* (Mairie de Paris – ARTELIA 2013).
- ^{xiv} L'avis de la DRIEE Ile de France est consultable à l'adresse : www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/avis_AE_signe_25octobre2013_cle25182a.pdf
- ^{xv} Le cahier *Stratégie d'adaptation* du Plan Climat-Energie de Paris est consultable à l'adresse : <https://api-site.paris.fr/images/76270>
- ^{xvi} Notamment *l'Arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5.*
- ^{xvii} Les articles UG4.3, UGSU4.3, UV4.3 et N4.3 du Règlement du *Plan Local d'Urbanisme de Paris* de 2004 disent : « Pour toute construction nouvelle ou restructuration d'immeuble existant (notamment en cas de changement de destination), 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 du sous-sol et 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 et utilisant des techniques alternatives. »
- ^{xviii} *Note statistique : Retour sur l'application du zonage pluvial de Paris sur le bâti.* (A.NEZEYS et D.GUEGUEN – Mairie de Paris – 2014) disponible sur demande à l'auteur.